

University of Groningen

## Enige functioneel anatomische aspecten van vingers

Carpentier Alting, M.P.

**IMPORTANT NOTE:** You are advised to consult the publisher's version (publisher's PDF) if you wish to cite from it. Please check the document version below.

*Document Version*

Publisher's PDF, also known as Version of record

*Publication date:*

1978

[Link to publication in University of Groningen/UMCG research database](#)

*Citation for published version (APA):*

Carpentier Alting, M. P. (1978). *Enige functioneel anatomische aspecten van vingers*. [, Rijksuniversiteit Groningen]. [S.n.].

### Copyright

Other than for strictly personal use, it is not permitted to download or to forward/distribute the text or part of it without the consent of the author(s) and/or copyright holder(s), unless the work is under an open content license (like Creative Commons).

The publication may also be distributed here under the terms of Article 25fa of the Dutch Copyright Act, indicated by the "Taverne" license. More information can be found on the University of Groningen website: <https://www.rug.nl/library/open-access/self-archiving-pure/taverne-amendment>.

### Take-down policy

If you believe that this document breaches copyright please contact us providing details, and we will remove access to the work immediately and investigate your claim.

Downloaded from the University of Groningen/UMCG research database (Pure): <http://www.rug.nl/research/portal>. For technical reasons the number of authors shown on this cover page is limited to 10 maximum.

# Enige functioneel anatomische aspecten van vingers

M.P. Carpentier Alting



## ENIGE FUNCTIONEEL ANATOMISCHE ASPECTEN VAN VINGERS





## Stellingen

- 1 Het „knakkend” geluid dat een maximaal gebogen gewricht tussen middelhand en vinger maakt indien dit gewricht door uitwendige kracht nog sterker gebogen wordt, dient in natuurkundige zin opgevat te worden als veroorzaakt door het „koken” van de gewrichtsvloeistof.
- 2 Het is bevreemdend dat de toch overwegend rechtshandige mens bij het vioolspel de fijnste vingerbewegingen door de linker hand laat uitvoeren.
- 3 Mede gezien Rembrandts buitengewoon observerend vermogen was het aanmerkelijk dat de vermeende afwijkingen in de anatomie op zijn doek „de anatomische les van dr. Nicolaas Tulp” geweten moeten worden aan beoordelingsfouten van zijn critici (Ned. T. Geneesk. 120, nr. 44, 1976).
- 4 Bij de beoordeling van de „capillary refill” in het nagelbed van de vinger dient rekening te worden gehouden met de stand der vingergewrichten.
- 5 Zo het al noodzakelijk is de aanwezige vegetatie in bermen d.m.v. maaien kort te houden, dan dient met grote omzichtigheid de bast van eventueel aanwezige bomen te worden gespaard.
- 6 Ter vermijding van brandwonden is het nuttig te weten dat de temperatuur van water dat vanuit een kraan in een bak neervalt grofweg kan worden beoordeeld aan het geluid dat dit veroorzaakt.
- 7 Het slaan op de onderkant van een fles, teneinde zijns inhoud uit de vulopening te voorschijn te laten komen, getuigt niet van inzicht in het werkingsmechanisme van een dergelijke slag.
- 8 De clavicula dient in vele opzichten als „intercalated bone” te worden beschouwd.
- 9 Aangezien de meeste bewegingen van de schoudergordel deel uit maken van het bewegingspatroon van de bovenste extremititeit kunnen geïsoleerde bewegingen van de schoudergordel tot non-verbale communicatie dienen.
- 10 Bij de preparatie van de proximale delen van de nn. digitales proprii dient rekening te worden gehouden met de mogelijkheid dat anastomoserende vezels, tussen beide takken van één n. digitalis communis en palmar van de art. digitalis communis, aanwezig zijn.
- 11 Chirurgische reconstructie van de „extensor assembly” dient, op theoretische gronden, zo mogelijk, tot op de millimeter nauwkeurig te geschieden.
- 12 Een enige tijd bestaande totale ruptuur van de achterste kruisband van de knie kan meestal door uitwendige inspectie worden vastgesteld.

Stellingen behorend bij

Enige functioneel anatomische aspecten van vingers

M. P. Carpentier Alting Groningen—1978



# ENIGE FUNCTIONEEL ANATOMISCHE ASPECTEN VAN VINGERS

PROEFSCHRIFT

TER VERKRIJGING VAN HET DOCTORAAT IN DE  
GENEESKUNDE AAN DE RIJKSUNIVERSITEIT TE  
GRONINGEN OP GEZAG VAN DE RECTOR MAGNIFI-  
CUS DR. M. J. JANSSEN IN HET OPENBAAR TE VER-  
DEDIGEN OP WOENSDAG 18 JANUARI 1978 DES NA-  
MIDDAGS TE 4 UUR

DOOR

M. P. Carpentier Alting  
geboren te 's-Gravenhage

With a summary in English, French, Spanish and German

PROMOTOR: PROF. DR. A. G. DE WILDE  
CO-PROMOTOR: PROF. DR. A. J. C. HUFFSTADT



## Ten geleide

Het verrichten van wetenschappelijk onderzoek, betaald door de gemeenschap, is een voorrecht dat slechts weinigen genieten. Dit legt een morele last op de onderzoeker. Door de keuze van het onderwerp van deze dissertatie is getracht dit voorrecht te waarderen. Naast de promotie-arbeid voelde ik mij verplicht naar beste kunnen onderwijs te geven en anderen bij te staan bij hun klinisch-anatomische vragen en problemen, in de hoop dat de patiënt daar baat bij zal vinden.

*Zeergeleerde J. K. W. Neuberger*, opa, U bent degene die mij, als vanzelfsprekend, voorstelde een promotieonderzoek te ondernemen. Dit ten teinde mijn latere opleiding tot chirurg, met maximaal resultaat, te kunnen genieten. Gestimuleerd door U en Uw vrouw mocht ik vrijwel alle examens van mijn medische studie te Uwen huize voorbereiden.

Uw intense liefde en enthousiasme voor de chirurgie, Uw heldere denkwijze en Uw levensvreugde, dienen mij als voorbeeld.

*Hooggeleerde de Wilde*, beste André, van je alom aanwezige kritische instelling heb ik veel geleerd. Voor de hulp bij mijn onderzoek, de positieve benadering van onregelmatigheden in het manuscript en de zeer nauwgezette controle daarvan ben ik je veel dank verschuldigd. Van de geboden mogelijkheid tot het schrijven van de publicaties over de vermeende anatomische fouten in Rembrandt's „Anatomische les van dr. Nicolaas Tulp” en de ontwikkeling van de z.g. „kwikbad-reconstructiemethode” heb ik gaarne gebruik gemaakt. Ook in persoonlijke aangelegenheden hebben je vrouw en jij zich als zeer hartelijke mensen „ontpopt”.

*Hooggeleerde Huffstadt*, samenwerking tussen klinische- en preklinische disciplines kan zeer moeizaam zijn. U heeft als clinicus en co-promotor echter zeer kritisch, humoristisch en bijna sprankelend het onderzoek in de laatste fase mede begeleid. Dit kwam de inhoud en de leesbaarheid van het proefschrift ten goede. Een in principe riskante samenwerking bleek succesvol. Hiervoor bijzondere dank.

*Hooggeleerde Kuijjer*, reeds vroeg in mijn medische studie heb ik met U contact gezocht en gevonden. Mede op aanraden van U en van mijn grootvader werd ik student-assistent op het Laboratorium voor Anatomie en Embryologie en heb ik dit promotie-onderzoek ondernomen. Hiervoor ben ik U zeer dankbaar.

*Mijn lieve ouders*, zonder jullie opvoeding en steun bij al mijn eigenzinnige ideeën had ik nooit medicijnen gestudeerd, nooit een promotie-onderzoek ondernomen. In diep besef van wat een warm thuisfront betekent, dank ik jullie voor de wijze manier waarop jullie mijn gedragingen hebben beoordeeld en gestimuleerd.

*Zeergeleerde B. Hillen*, beste Berend, je enthousiasme en je kennis van de anatomie en de functionele anatomie heb je getracht op me over te brengen. Dit samen met het geduld dat je opbracht bij het aanhoren en oplossen van vele van mijn kleine probleempjes maakte mijn verblijf op het laboratorium bijzonder levendig en aangenaam.

Bewondering heb ik voor de dames Marieke Baarsma-Dijkstra en Alie Heidekamp-Vos die zeer geduldig en nauwkeurig het vele typewerk verzorgden. De fotografie

was in zeer goede handen bij de heer H. van Weerden. De heer P. H. Slinkman heeft geholpen met de vervaardiging van speciale technische hulpmiddelen, zoals de heer H. van Hengelaar dit op zijn gebied deed.

De tekeningen en figuren werden nauwgezet verzorgd door de heer T. Heikens. Hen allen zeg ik hartelijke dank.

Het Anatomisch en Embryologisch Laboratorium te Leiden, met name Prof. Dr. J. M. F. Landsmeer, was zo bereidwillig de twee onderzochte pathologische preparaten voor dit onderzoek af te staan.

Nicole, tijdens de onvermijdelijke en gelukkig zeer zeldzame „downs” die een promotie-onderzoek kent, kon jij mij, met een onwrikbare overtuiging, de zin en het genot van dergelijke arbeid voor ogen stellen. Mede door de mogelijkheden die aan dit onderzoek verbonden waren, konden we de afgelopen drie jaar tot een zeer waardevolle en genoeglijke tijd maken. Moge deze tijd als stabiele basis voor onze opgroeiende zoon Alexander dienen.

Alle anderen, hier niet genoemd, die op enigerlei wijze hebben bijgedragen aan het tot stand komen van dit manuscript dank ik voor hun medewerking.

Ter nagedachtenis aan  
mijn grootvader

## INHOUD

I	Inleiding
II	Literatuuroverzicht descriptieve en functionele anatomie van de normale hand
III	Descriptieve en functionele anatomie van de vinger
IV	Materiaal en methode
V	Analyse van de normale vinger
VI	Een rekenkundig vingermodeel
VII	Bespreking van de metrische bevindingen
VIII	In het mp. gewricht naar ulnair gedeveeerde vingers
IX	Samenvatting
X	Literatuur



# Ulnar deviation „King of Misery” Snorrason, 1951

## I.1 Inleiding

Sinds *Snorrason* is er weinig veranderd.

Het merendeel der auteurs van de tot op heden verschenen talrijke publicaties over de ulnaire deviatie van de vingers in de metacarpophalangeale gewrichten bij patiënten met r.a., tracht langs niet kwantitatieve weg tot uitspraken over genese en therapie van deze afwijking te komen. Er bestaat weinig overeenstemming tussen de diverse opvattingen en de aanbevolen therapieën. In dit proefschrift worden resultaten gegeven van de bestudering van de anatomie (in het bijzonder de functionele anatomie) der vier lange vingers bij normale (gezonde) en bij handen met ulnair ge-devieerde vingers. Het streven was deze resultaten zoveel mogelijk te quantificeren.

De aanleiding tot het verrichten van deze tijdrovende kwantitatieve analyse is het feit dat ulnaire deviatie bij patiënten met reumatoïde artritis in hoge frequentie (ca. 30%) optreedt. (De morbiditeit van reumatoïde artritis in Nederland bedraagt 0,81% (C.B.S., 1977). Volgens de Blécourt (1954) is dit percentage 1,5%). Ulnaire deviatie is gekenmerkt door naar de pinkzijde van de hand gerichte afwijking van de asstand der lange vingers en door een zekere flexie in de metacarpophalangeale gewrichten. De funktiemogelijkheden van de hand zijn bij ulnaire deviatie sterk verminderd. Door de naar ulnair deviërende vingers — hierbij kunnen zij niet in de normale asstand worden gefixeerd — kan ondanks normale oppositie van de duim de z.g. pincetfunctie tussen duim en vingers niet tot stand komen. De patiënt behelpt zich met z.g. sleutelgreep.

De oorzaak van de afwijking kan niet in detail worden aangegeven. Doordat de functionele anatomie van de vingers onvoldoende bekend is om te verklaren waardoor de vingers bij reumatoïde artritis wel naar ulnair afwijken en niet naar radiaal, ontbreekt een logische argumentatie voor een chirurgische therapie. Met de gegevens van dit proefschrift zal worden getracht een verklaring te geven van de ulnaire deviatie van vingers met de hoop dat op deze wijze een chirurgische therapie kan worden ontwikkeld die is gebaseerd op natuurwetenschappelijke gegevens.

## I.2 Gebruikte afkortingen

$\alpha, \beta, \gamma, \delta, \epsilon$	— buigingshoeken in resp. het dip., pip., mp. gewricht bij flexie; resp. in het mp. gewricht bij ab- en adductie en bij rotatie
dip.	— distaal interphalangeaal
leb	— laterale extensorband

lig. coll.		— ligamentum collaterale
lo		— ligamentum obliquum
M 1, 2, 3, 4, 5		— gewrichts-as resp. van het: mp. gewricht bij flexie, pip. gewricht bij flexie, dip. gewricht bij flexie, mp. gewricht bij ab- en adductie, mp. gewricht bij rotatie.
mib		— mediale interosseusband
m. ext. dig. comm.		— musculus extensor digitorum communis
m. fl. dig. prof.		— musculus flexor digitorum profundus
m. fl. dig. superf.		— musculus flexor digitorum superficialis
m. int. dors.		— musculus interosseus dorsalis
m. int. palm.		— musculus interosseus palmaris
m. int. rad.		— musculus interosseus radialis
m. int. uln.		— musculus interosseus ulnaris
mp.		— metacarpophalangeaal
r		— afstand tot een gewrichts-as; r is zodanig geïndexeerd dat de eerste index de spier aangeeft, de tweede het gewricht, volgens onderstaand schema:
spieren:	io	— m. interosseus
	ior	— m. int. rad.
	iou	— m. int. <u>u</u> ln.
	fp	— m. flex. dig. prof.
	fs	— m. flex. dig. superf.
	e	— m. ext. dig. comm.
gewrichten:	d	— dip. gewricht
	p	— pip. gewricht
	mf	— mp. gewricht bij flexie
	ma	— mp. gewricht bij ab- en adductie
	mr	— mp. gewricht bij rotatie
O		— origo (oorsprong)
pip.		— proximaal interphalangeaal
r.a.		— reumatoïde artritis
r.d.		— radiale deviatie
u.d.		— ulnaire deviatie
tt		— terminal tendon
I		— insertie
t		— peesverplaatsing

# Literatuuroverzicht descriptieve en functionele anatomie van de vinger

De door de auteur geraadpleegde literatuur over de normale anatomie en de normale functionele anatomie van de hand wordt hier genoemd. Niet speciële anatomische atlassen zijn niet opgenomen.

De belangrijkste speciële werken over functionele anatomie van de hand zijn die van *Duchenne* (1856) en de atlas van *Landsmeer* (1976).

## II.1 Descriptieve en functionele anatomie

De anatomie van de hand is veelvuldig onderzocht. *Albinus* (1734) geeft gedetailleerd de structuren in de hand weer, maar toch blijven moeilijk te herkennen structuren nog lang onbekend. Met *Duchenne* (1856) komt het streven op gang ook de functionele betekenis van de verschillende structuren te onderzoeken.

De huidige specialistische kennis van de descriptieve en functionele anatomie van de hand is voornamelijk van *Landsmeer* (zie literaturopgave) afkomstig. Voor aard en ligging van een aantal ligamenteuze structuren kan worden verwezen naar *Lee Milford* (1968).

Het insertiepatroon van de mm. interossei is uitvoerig bestudeerd door *Eyler*, et al. (1954), *Landsmeer* (1955) en *Salsbury* (1937). Metrische gegevens van de pijpbeenderen worden gegeven door *Fick* (1911), *Musgrave* (1972) en *Lewis* (1977).

In 1867 publiceert *Duchenne* zijn zeer opmerkelijke werk „Physiologie des Mouvements”, waarin hij klinische waarnemingen combineert met stimulatieproeven. Veel afwijkende en normale bewegingspatronen worden beschreven en geanalyseerd. Zijn ideeën zijn nieuw voor die tijd en de exactheid van zijn waarneming is verbluffend. *Duchenne* vermeldt, dat vòòr zijn tijd de anatomen nog dachten, dat de lange extensoren en de oppervlakkige en diepe flexoren op de drie vingergewrichten een even grote kracht uitoefenden. Hij neemt waar dat de lange extensoren slechts een geringe strekkende kracht op de twee distale vingergewrichten uitoefenen en dat de beide flexoren nauwelijks invloed hebben op het mp. gewricht. Na doorsnijding van de lange extensor halverwege de proximale phalanx, blijkt deze zijn *sterk* strekkende werking op de proximale phalanx te hebben behouden. Dit wordt veroorzaakt door vezels die van de ventrale zijde van de extensorpees ontspringen en op het dorsale deel van de basis van de proximale phalanx aanhechten evenals door vezels die afkomstig zijn van de laterale zijden van de extensorpees. Deze vezels insereren aan beide zijden van de basis van de proximale phalanx en beperken de voor extensie noodzakelijke proximale verplaatsing van de extensorpees. Hierdoor wordt de extensiekracht op het pip. gewricht sterk verminderd. Zodra de vezels doorgesneden

worden strekt de lange extensorpees het pip. gewricht krachtig. Bij doorsnijding van de vezels die aanhechten aan de dorsale zijde van de proximale phalanx treedt een minder krachtige extensie van het mp. gewricht op. Duchennes electrophysiologische proeven tonen aan, dat de lange extensoren de vingers strekken en spreiden. De extensores proprii van pink en wijsvinger devieren deze naar ulnair, zoals reeds is waargenomen door *Galen*.

De werking van de intrinsieke handspieren, mp. flexoren en ip. extensoren is door hem uit de oudere literatuur naar voren gebracht: *Fallopianus* en *Columbus* beschreven deze werkingen reeds in 1559–1561. Zijn experimenten toonden aan, dat de lange extensorpezen slechts dienen om de proximale phalanx te strekken en dat het distale deel en de aanhechting aan de middenphalanx slechts steun geven aan de laterale extensorbanden. Deze staan in een nauwe relatie met de pezen van de intrinsieke handspieren en houden deze in een distodorsale richting, wat noodzakelijk is voor het strekken van de pip. en dip. gewrichten.

*Montant en Baumann* (1938) en *Baumann en Patry* (1943) beschrijven na anatomische micro-dissectie de tegenwoordig aanvaarde architectuur van de extensor assembly.

Pas in 1949 voegt *Landsmeer* hier het tot dan slechts gedeeltelijk beschreven *retinacular ligament* bij. Dit ligament bestaat uit het ligamentum transversum en obliquum, en is verantwoordelijk voor de gecombineerde flexie en extensie van het pip. en dip. gewricht. *Landsmeer* kan de door *Duchenne* beschreven aanhechting van de extensor communis-pees aan de basis van de proximale phalanx niet bevestigen, evenmin als *Duchennes* functionele interpretaties. *Kaplan* (1945) neemt in 38,5% van de gevallen een „short fibrous slip” waar als aanhechting van de extensorpees aan de proximale phalanx, maar meent aan te tonen dat deze niet functioneel is.

*Hauck* (1922) beschrijft de palmaire verplaatsing van de laterale banden tijdens flexie, welke waarneming door *Bunnell* (1944) wordt bevestigd. *Benninghof* (1939) zegt, dat deze verplaatsing de strekkracht van de interosseuspees zal verminderen.

## II.2 Functioneel anatomische vingermodellen

Het eerste rekenkundig vingerfunctiemodel is afkomstig van *Landsmeer* (1955).

Het is gebaseerd op het functionele evenwicht van de vinger in verschillende standen. Daar dit werk veelvuldig wordt aangehaald, volgt hier de samenvatting van de oorspronkelijke auteur:

„In summary we may say that the normal finger is characterized by a coordination of phalangeal movements and by a metacarpo-phalangeal joint moving independently of the interphalangeal joints. The interphalangeal joints are bridged by a tendinous apparatus, ensuring the coordination of movements, while the metacarpo-phalangeal joint is ruled by four tendons, three of them joining again at the level of the proximal interphalangeal joint. Proper functioning of the whole finger depends on the fact that the interosseus shortening-direction is opposite to the combined flexor-



extensor shortening-direction.

As to a proper control of phalangeal movements we have already given two conditions, both of primary importance, viz. the structure of the tendinous apparatus and the proper ratio of the distances of the tendons from the joint-axes of the two interphalangeal joints”.

Andere modellen van de mechanica van de vinger zijn mij niet bekend, wel zijn deelsgewijze mechanische beschouwingen gepubliceerd (*Duchenne* 1867, *R. Fick* 1911, *Landsmeer* 1949, 1955, 1958, 1969 (I en II), 1962, 1962, 1963, 1963, *Tubiana en Valentin* 1964, *Schnieber* 1973, *Spoor en Landsmeer* 1975, *Chao e.a.* 1976).

Een aparte plaats neemt het werk van *Sarrafian* (1970) in, die in experimentele opstelling de spanningen in de verschillende delen van de extensor assembly meet.

# Descriptieve en functionele anatomie van de vinger

### III.1 Algemeen

De menselijke hand is een uniek orgaan, zoals ieder ander orgaan! Hij onderscheidt zich van vele andere vertebraten-handen door de opponeerbaarheid van de duim, waardoor het aantal grijpmogelijkheden enorm toeneemt. Zonder opponeerbare duim kan de hand slechts als haak-orgaan dienen, met de oppositie kunnen precisie-handelingen worden verricht.

Van de vijf stralen die de hand vormen, worden hier alleen de vier ulnaire onderzocht.

Elke straal is opgebouwd uit vier korte pijpbeenderen, die door gewrichten beweeglijk zijn verbonden. De interphalangeale gewrichten zijn één-assig en laten buigen en strekken toe. Het distale interphalangeale (dip.) gewricht wordt „overspannen” door de „terminal tendon” en de pees van de m. flexor digitorum profundus. Het proximale interphalangeale (pip.) gewricht is eveneens een scharniergewricht en wordt bewogen door de eindpees van de m. extensor digitorum (middle tendon), de twee laterale „extensor bands”, de twee „medial interosseus bands”, de pezen van de mm. flexores digitorum superficialis en profundus en het ligamentum obliquum. De metacarpophalangeale (mp.) gewrichten zijn ingewikkelder gebouwd dan de interphalangeale gewrichten. Het zijn 3-assige gewrichten, opgebouwd uit het caput ossis metacarpalis, de basis van de proximale phalanx, de gewrichtskapsel met de metacarpophalangeale ligamenten, de metacarpoglenoïdale ligamenten, de „volar plate”. Er zijn zes „overspannende” pezen; nl. van de mm. flexores digitorum superficialis en profundus, van de m. extensor digitorum, mm. interossei dorsalis en palmares en van de m. lumbricalis.

Het caput ossis metacarpalis van wijsvinger en pink is asymmetrisch gebouwd d.w.z. dat de contour *van dorsaal bekeken* een top vertoont, aan de zijde van de middelvinger. In dit aanzicht is het dorsale deel smaller dan het ventrale. In lateraal aanzicht steekt het palmaire deel van de caput t.o.v. de schacht naar palmair uit.

Ter weerszijden van de kop bevinden zich twee tuberculi, met distaal daarvan gelegen impressies.

*De basis van de proximale phalanx* in dorso-palmaire en laterale richtingen is breder dan zijn schacht, heeft een ondiepe kom en is aan de laterale zijden voorzien van een tuberculum.

Een gedetailleerdere beschrijving van het caput ossis metacarpalis en van de basis van de proximale phalanx wordt gegeven door *Landsmeer* (1951, 1955) en *Lewis* (1965).

De *metacarpophalangeale ligamenten* ontspringen van de tubercula metacarpaliae en lopen palmo-distaal. Zij insereren aan laterale zijden van iedere proximale pha-

lanx. Zij zijn per vinger asymmetrisch. De asymmetrie neemt toe van pink naar wijsvinger, wat zich uit in hun diameters, lengtes en posities.

De radiale collaterale ligamenten van wijs- en middelvinger zijn sterker ontwikkeld en lopen minder evenwijdig aan het palmaire vlak dan ulnaire. De asymmetrie aan de ringvinger is niet zo sterk; die aan de pink is nog minder.

*De metacarpoglenoïdale ligamenten en de „volar plate”* hangen nauw met elkaar samen. De ligamenten ontspringen palmar van de metacarpophalangeale ligamenten, lopen min of meer parallel aan hen; zij kruisen palmar de gewrichtsspleet. Palmar van deze kruising en ermee vergroeid, ligt de „volar plate”, die bovendien via twee laterale pijlers aan de basis van de proximale phalanx is bevestigd. De volar plate is met het collum ossis metacarpalis verbonden via een dun membraneus, geplooid kapseldeel. Aan de metacarpoglenoïdale ligamenten en de volar plate is de buigpeeschede stevig verankerd.

Daar het mp. gewricht géén scharniergewricht is, zijn de collaterale ligamenten géén ware collaterale ligamenten. De metacarpophalangeale- en de metacarpoglenoïdale ligamenten, worden hier de collaterale ligamenten genoemd. Dit is in overeenstemming met de Nomica Anatomica, doch niet in overeenstemming met hun functie.

*Het gewrichtskapsel* bedekt in principe de synoviale membraan, voorzover deze niet aan het bot bevestigd is (op het caput ossis metacarpalis zijn plaatsen aanwijsbaar die binnen het fibreuze kapsel niet met kraakbeen, maar met synovia bedekt zijn).

Daar het kapsel versterkt wordt door de collaterale ligamenten en de „volar plate”, is bij inspectie het kapsel alleen dorsaal waar te nemen. Hier is het evenals proximaal van de „volar plate” dun en gemakkelijk plooibaar.

Van de zes het mp. gewricht „overspannende” pezen nemen de vier dorsale een aparte plaats in, daar ze de *extensor assembly* vormen. De pees van de m. extensor digitorum communis is de centrale pijler, aanhechtend aan de basis van de middenphalanx en via de lamina transversa aan de basis van de grondphalanx en het lig. metacarpeum transversum profundum. Deze pijler geeft de radiale en ulnaire laterale extensorbanden af, die de pip. gewrichtsspleet overspannen en zich halverwege de lengte van en dorsaal op de middenphalanx verenigen tot de „terminal tendon” (tt). Ter hoogte van de hals van de proximale phalanx insereren aan deze laterale extensorbanden de van lateraal komende eindpezen (wing-tendons) van de radiale en ulnaire m. interosseus. Deze geven iets proximaal van hun insertie de mediale interosseusbanden af, die aanhechten aan de centrale pijler, zo de „middle tendon” (mt) vormend. Aan de „terminal tendon” hechten de ligamenta obliqua en transversa aan, die van respectievelijk het palmo-laterale deel van de hals van de proximale phalanx en de flexor-peesschede proximaal daarvan gelegen ontspringt.

De eindpees van m. lumbricalis, inserteert op de radiale zijde van de extensor assembly en ontspringt van de diepe buigpees, in de handpalm.

Alle pezen zijn geen dunne ronde, duidelijk afgrensbare structuren, maar hebben een platte, uitwaaiierende, peesblad-achtige vorm.

De insertie van een m. interosseus kan zijn phalangeaal of een uitstraling in de ex-

tensor assembly (wing-tendon insertie) of een combinatie van beide.

Niet vermelde details van structuren van de hand, die belangrijk zijn voor het functioneren van de vingers worden bij de beschrijving van de functionele anatomie vermeld.

### III.2 Enige anatomische waarnemingen

Tijdens het prepareren van de vingers vielen een aantal bijzonderheden op.

Bij het scherp afprepareren van de huid van de vinger is aan het geluid van het (niet al te scherpe) mes merkbaar, dat zich aan de zijden van de vinger bindweefselstrengjes bevinden, die van de diepte naar de huid lopen. Doordat ze scherp doorsneden worden blijven zij in de van huid ontdane vinger over als een wat vast aanvoelende band, die met de onderlaag verbonden is.

Wordt daarentegen de huid in de lengterichting van de vinger gekliefd en daarna stomp van de onderlaag gescheiden, dan kunnen bovengenoemde vezels veel beter worden waargenomen. De vezels worden in 1878 door *Cleland* in een kort artikel beschreven.

Deze auteur neemt aan dat de vezels de huid verankeren aan de benige structuren en wel vanaf de laterale zijden vlak vóór de kop van het os metacarpale tot aan de distale phalanx. De verankering zou blijken uit het fenomeen dat bij buiging van de vingers de huid van de vingerrug niet over zijn gehele dorsale oppervlak naar distaal schuift, zoals de vinger van een omhullende handschoen bij buiging van de vinger.

Bij het voornamelijk stompe prepareren van de pezen der intrinsieke handspieren is het opvallend dat deze ter hoogte van het mp. gewricht verankerd zijn (foto III.1). Hierdoor verschuiven zij bij buiging van dit gewricht niet naar ventraal, noch bij strekking daarvan naar dorsaal. De eerste fixatie is evident, de tweede echter ook als de in het mp. gewricht gehyperextendeerde en in het pip. gewricht gebogen vinger in ogenschouw wordt genomen.

Bij minutieus stomp prepareren blijkt de verankering samen te hangen met het feit dat de lamina transversa ter plaatse van de m. interosseuspees uit twee bladen bestaat. De pees ligt tussen beide bladen gevangen in een lus, waardoor longitudinale verplaatsing wel, maar dwarse verplaatsing slechts zeer beperkt mogelijk is.

De lamina transversa ligt  $\Omega$ -vormig over het mp. gewricht heen en is met beide uiteinden verbonden aan een ligamentum metacarpeum transversum profundum. Deze ophanging is globaal door *Landsmeer* (1955) beschreven en fotografisch vastgelegd. De ligamenta obliquum en transversum worden door *Landsmeer* beschreven en afgebeeld. Ze zijn in het preparaat niet gemakkelijk herkenbaar, temeer daar ze ter hoogte van de middenphalanx overdekt worden door het doorgesneden ligament van Cleland. De dorsale zijde van het l.o. is bij zijn aanhechting aan de m. interosseuspees goed zichtbaar.

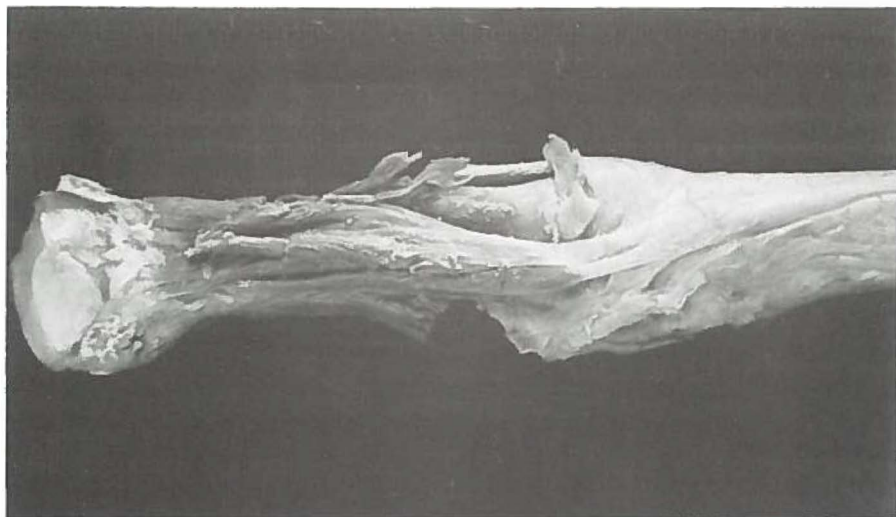


Foto III.1. Verankering van de m. interosseus ventralis I-pees aan het dwars doorsneden ligamentum metacarpeum transversum profundum. De pees bestaat uit een „wing-tendon” en een phalangeaal insererende pees.

### III.3 Functioneel anatomische aantekeningen

Het werkingsmechanisme van de ligamenta obliquum en- transversum is af te leiden uit de ligging dorsaal van de dip.- en ventraal van de pip. gewrichts-as. Door flexie in het dip. gewricht spannen de ligamenten aan waardoor tevens het pip. gewricht zal buigen. Zoals uit de metingen in het hoofdstuk „Analyse van de normale vinger” zal blijken, ligt de dorsale rand van het ligamentum obliquum in de gestrekte vinger dorsaal van de pip. gewrichts-as. Bij gecombineerde flexie van de dip. en pip. gewrichten worden in het beginstadium van de flexie de meer ventrale delen aangespannen. De ligamenta obliqua zijn enigszins rekbaar daar het dip. gewricht via de eindphalanx (passief) enigszins kan worden gebogen bij gestrekt blijvend pip. gewricht.

De enige pees die het mp. gewricht kan *strekken* is die van de m. extensor digitorum. Zijn insertie aan de dorsale zijde van de proximale phalanx is een punt van discussie. *Duchenne* neemt deze insertie onomstotelijk aan, *Kaplan* ziet hem in 38,5% van de gevallen, *Landsmeer* nooit. Indien de phalangeale insertie afwezig is, kan verkorting van de extensor pees slechts extensie van het mp. gewricht geven bij een gefixeerd pip. gewricht. Een strekkend pip. gewricht kan extensie van het mp. gewricht toestaan, doordat de proximale peesverplaatsing t.o.v. het middenhandsbeentje voldoende is. Bij aanwezigheid van een insertie op de proximale phalanx wordt de situatie geheel anders.

De intrinsieke handspieren kunnen het mp. gewricht buigen indien de proximale ver-

plaatsingen van hun pezen t.o.v. het middenhandsbeentje niet gebruikt worden voor extensie in de ip. gewrichten.

Ab- en adductie van het mp. gewricht zijn rotatoir. Zo zullen de radiaal gelegen intrinsieke handspieren de vinger naar radiaal deviëren, de ulnaire naar ulnair. De ligging van de extensorpezen is zodanig dat ze de wijsvinger abducen, op de middelvinger geen deviërend moment hebben en de ringvinger en pink eveneens abducen (afgezien van hun strekkende werking). De flexor-pezen zullen de wijsvinger naar ulnair deviëren, de middelvinger niet en de andere vingers naar radiaal.

Exo- en endorotatie kunnen aan de intrinsieke handspieren worden toegeschreven, doch het (vermoede) mechanisme is ingewikkeld, daar hierin de collaterale ligamenten zijn betrokken.

Deze (zie de anatomische beschrijving) liggen zodanig t.o.v. de botstukken, dat een zijdelingse beweging gepaard gaat met een rotatie. De spanning in de ligamenten is bij gestrekte vinger gering, zodat dan enige ab- of adductie zonder rotatie mogelijk is. Bij de iets gebogen vinger is rotatie wederkerig met ab- of adductie verbonden. Over de metacarpophalangeale ligamenten dient nog opgemerkt te worden, dat hun oorsprong en verloop dorsaal liggen van de buigingsas. Dit heeft bij flexie het gevolg dat de ligamenten worden aangespannen en een zijdelingse beweging of rotatie niet meer toelaten. Dit aanspannen bij flexie wordt nog bevorderd, doordat het caput ossis metacarpalis naar palmair toe breder is.

Welke stand in ab- of adductie en *rotatie* de proximale phalanx inneemt hangt af van de lengte en de ligging van de collaterale ligamenten. Ter verduidelijking zijn foto's opgenomen van de metacarpophalangeale en metacarpoglenoïdale ligamenten (foto III.2 t/m 5). Hun omwentelingscurven zijn geconstrueerd.

Zij verduidelijken dat in extensie de metacarpophalangeale ligamenten slap en de metacarpoglenoïdale strak gespannen zijn. Bij toenemende flexie keert de situatie om.

T.b.v. een overzicht over de structuren die de extensor assembly vormen is de half schematische figuur (III.6) opgenomen. (Uit Hollinshead, *Anatomy for surgeons*, volume 3, 1958. Origineel: Landsmeer, 1949).



Foto III.2. Ontspannen metacarpophalangeaal en gespannen metacarpoglenoïdaal ligament in extensie.



Foto III.3. Gespannen metacarpophalangeaal en ontspannen metacarpoglenoïdaal ligament in flexie.

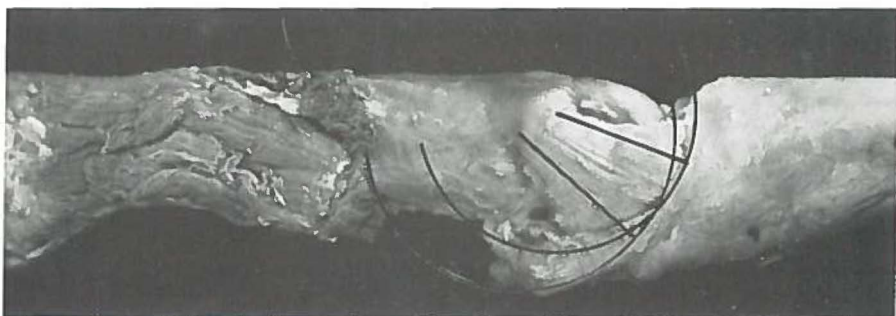


Foto III.4. Omwentelingscurven van het metacarpophalangeaal en het metacarpoglenoïdaal ligament.

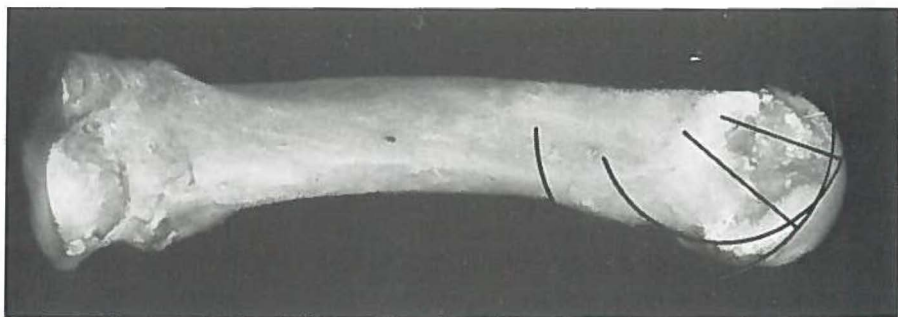


Foto III.5. Idem, geprojecteerd op het botskelet.

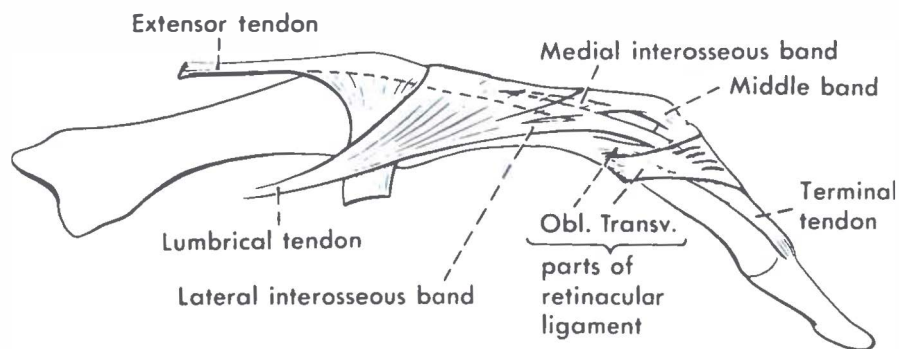


fig. III.6



## Materiaal en Methode

### IV.1 Inleiding

Het te beschrijven rekenkundig model is geldig voor alle lange vingers. Om van elke vinger de kenmerkende maten vast te leggen, worden vier handen onderzocht: beide handen van een vrouw (55 jr) en beide handen van een man (78 jr). Beide personen hadden wat hand en gewrichten betreft een onbelaste anamnese. Bij inspectie der handen worden geen afwijkingen gevonden, gewrichten zijn soepel en er zijn geen abnormale bewegingsbeperkingen.

Stoffelijke overschotten waarvan de handen zijn bestudeerd, zijn gefixeerd in „Vin d’Alsace” (2,5 kg carbol, 15 kg magnesiumsulfaat, 10 kg natriumsulfaat, 6 ons zout, 3 l formaline en 3 l glycerine opgelost in 50 liter water).

De effecten van fixatie op maten en eigenschappen van organen e.d. zijn veelvuldig onderzocht. Preciese gegevens over de optredende schrompeling door fixatie met Vin d’Alsace zijn niet bekend.

Vergelijkbare fixatievloeistoffen geven een schrompeling van ongeveer 10%, die, afhankelijk van verdere behandelingen, kan oplopen tot 25%. Daar hier geen andere chemische bewerkingen volgen, wordt een krimp van 10% van de niet-harde structuren aanwezig geacht. Teneinde tijdens de bewerkingen de conditie van de preparaten constant te houden, worden zij bewaard in een afgesloten bak, waarin bovengenoemde vloeistof aanwezig is en de nog aanwezige lucht een vochtigheidsgraad van 100% heeft. Indien bepaalde handelingen langdurig zijn en uitdroging zou kunnen optreden, worden de preparaten bevochtigd.

Eerst wordt de hand gefotografeerd (afstand 75 cm), met de pols en de vingers in verschillende standen (zie Hoofdstuk V) (zie foto IV.1).

In de metacarpalia van de nog intacte hand worden koperen pennen gemonteerd loodrecht op het vlak van de handpalm. Röntgenopnamen van de losse vingers worden òf van zuiver palmail, òf van lateraal gemaakt.

Vervolgens worden de vingers met hun metacarpalia van elkaar losgemaakt. De afzonderlijke vingers worden nu in een aantal standen van flexie gefotografeerd.

### IV.2 Algemene technieken

Het rekenkundig model dient met metrische gegevens over het *peesverloop* ten opzichte van de verschillende botstukken te worden gevoed. Deze meetgegevens worden verkregen door van de intacte handen zowel als van de afzonderlijke vingers, röntgenfoto’s te maken nadat de relevante punten en structuren zijn voorbereid: Hiertoe worden de pezen van het röntgenopaque nikkelchroomdraad voorzien.

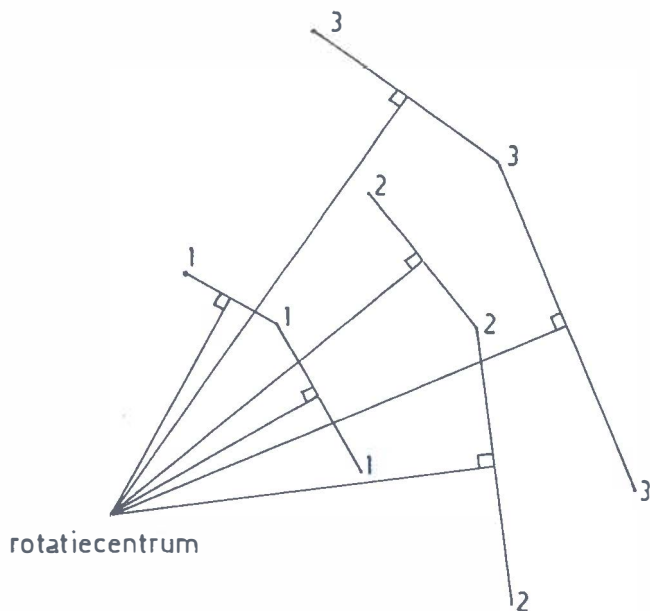


Fig. IV.1. Schematische weergave van de middelloodlijnconstructie ter bepaling van de gewrichtsas. De middelpunten der drie loodbolletjes zijn met 1, 2, 3 aangegeven.

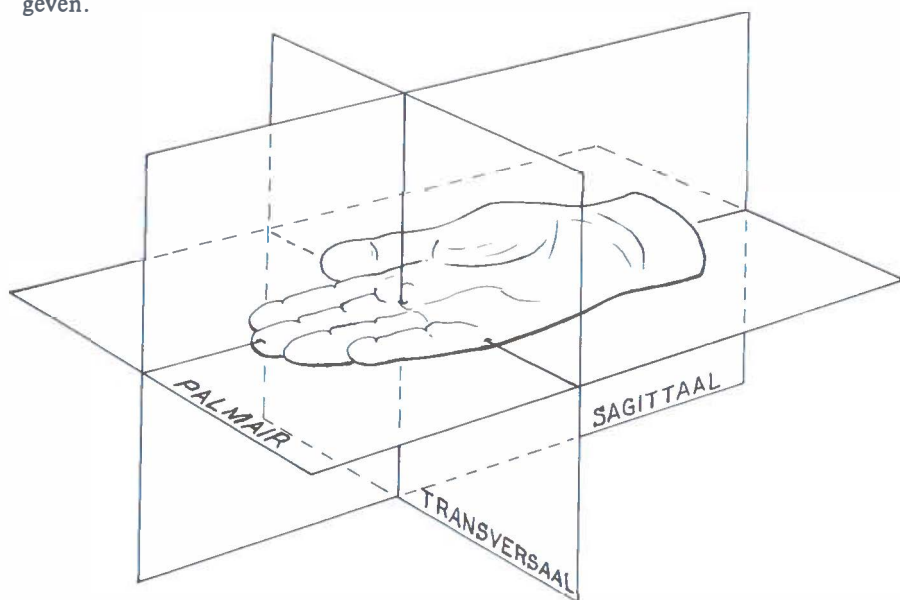


Fig. IV.2 Ligging van het palmaire-, het sagittale- en het transversale vlak in de hand.

Voor de constructie van de *gewrichts-assen* wordt gebruik gemaakt van loodbolletjes ( $\phi$  0,5 mm) die in de proximale en in de middenphalanx in drie kleine gaatjes ( $\phi$  0,6 mm), met een vaste onderlinge ligging, worden aangebracht.

In dezelfde röntgenfoto's kunnen ook de *grootten der momentarmen* van pezen, peesinserties e.d. worden gemeten.

Voor de plaatsbepaling van de gewrichts-assen is van primair belang te weten of een beweging rotatoir en/of translatoir is. Theoretisch wordt een *rotatiebeweging* van een object gekenmerkt doordat drie willekeurige vaste punten (in dit geval de projecties van de loodbolletjes) bij rotatie drie concentrische cirkelbanen beschrijven. Hiertoe worden van het mp.- en het pip. gewricht van iedere vinger röntfoto's in drie of meer standen van flexie gemaakt. Ieder geprojecteerd loodbolletje, levert bij drie standen drie middelloodlijnen op de lijnstukken die de projecties verbinden. Van deze drie middelloodlijnen werden om praktische redenen er telkens slechts twee aangebracht, zodat voor drie loodbolletjes in totaal zes middelloodlijnen werden geconstrueerd.

Indien deze zes middelloodlijnen door één punt gaan is de beweging rotatoir (figuur IV.1).

Ten behoeve van de *fixatie* in alle gewenste standen van flexie, extensie, ab- of adductie wordt een plexiglas plaat (38 bij 28 cm) voorzien van gaatjes (diameter 3 mm), waarin plexiglas pennetjes kunnen worden gestoken, die de in te stellen stand kunnen fixeren.

Het os metacarpale wordt op het prikbord gefixeerd door middel van de eerder genoemde koperen en een stalen pen, die, in dit botstuk geslagen, tevens in de gaatjes past. Ter controle van de deugdelijkheid van de fixatie wordt bij opnamen, waarbij standsveranderingen van één of meer phalanges plaatsvinden, het op zijn plaats te blijven botstuk in de eerste en in de laatste stand gefotografeerd. Indien verplaatsing optreedt, komt dit op de foto tot uitdrukking in dubbelcontouren.

In nikkelchroomdraadjes die pezen in de röntgenfoto zichtbaar maken, wordt via unsters een zekere spanning gehandhaafd (in pezen van extrinsieke spieren was deze spanning ongeveer 700 g, in die van de intrinsieke spieren ongeveer 250 g). Daar de belasting van de pezen aanzienlijk is, werden enkele proeven met geprepareerde pezen genomen. Deze, op de gebruikelijke wijze van nikkelchroomdraad voorziene pezen, worden onder belasting van 500, 750 en 1000 g, gemeten. Het bleek dat geen lengte toenames of breedte afnames van betekenis optraden.

De verschillende standen van hand en vingers worden beschreven ten opzichte van het palmaire, het sagittale en het transversale vlak (figuur IV.2). Voor de rotatiebewegingen van de vinger werden de termen endo- en exorotatie gebruikt, vergelijkbaar met respectievelijk pronatie en supinatie van de hand.

Daar bij röntgenopnamen met het optreden van parallax rekening moet worden gehouden, werd deze berekend uit de afstand van de röntgenbuis tot de gevoelige plaat (75 cm) en de maximale afstand van het object tot de plaat (3 cm) en de maximale lengte van de vinger gemeten vanaf het caput ossis metacarpalis (10 cm). De maximale parallax werd berekend op 4%. Daar deze mogelijk door de röntgentechniek veroorzaakte meetfout t.o.v. de andere mogelijke fouten bronnen (meting, fixatie) gering is, wordt er verder geen rekening mee gehouden.



Foto IV.1. Ligging der nikkelchromdraden en loodbolletjes t.o.v. het botskelet.



## Analyse van de normale vinger

Met het oog op het te ontwikkelen rekenkundig model werden een aantal deelonderzoeken verricht. Zij dienen ervoor samenhangen tussen buigings-, ab- en adductie- en rotatiehoeken en pees- en ligamentenverplaatsingen in maat en getal vast te leggen. Daarnaast werden aan de anatomische preparaten anatomische en functionele bijzonderheden waargenomen die eveneens in dit hoofdstuk worden vermeld.

### V.1 Onderzoek aan normale handen

Van deze handen is de huid afgeprepareerd. In de pezen der lange strekkers en buigers zijn nikkelchroomdraden aangebracht. In de flexor peesschede lopen deze draden palmair van de diepe- en dorsaal van de oppervlakkige buigpees. Ze worden met een sonde via de vingertop ingebracht. *De bij verschillende buigingshoeken van de vingergewrichten behorende peesverplaatsingen van de lange buig- en strekspieren* werden als volgt vastgelegd:

Ieder der drie vingergewrichten wordt vanuit gestrekte stand tot 90° gebogen waarbij de peesverplaatsingen worden genoteerd (zie tabel V.1).

Tevens wordt ook vastgelegd hoeveel de lange buigpezen bij *ab- en adductie van de vingers* in het mp. gewricht bij gestrekt blijvende vinger verplaatst worden (zie tabel V.1).

Het effect van de stand van de pols op de lange buig- en strekpezen wordt als volgt nagegaan. De hand wordt plat op een plaat gefixeerd en alle vingergewrichten worden gestabiliseerd. De onderarm wordt nu zodanig verlegd dat het polsgewricht *van radiale tot in ulnaire deviatie* komt. De daarbij optredende peesverplaatsingen worden gemeten (zie tabel V.2).

Met de hand vlak op tafel kan de onderarm t.o.v. de hand *geflexeerd* en *geëxtendeerd* worden. De peesverplaatsingen *bij flexie en extensie in de pols* kunnen daarbij worden gemeten (zie tabel V.2).

(Uit de laatste bewerkingen kunnen de liggingen van de gewrichts-assen van de pols voor buigen en strekken en voor zijdelingse bewegingen worden vastgesteld). De effecten van *ab- en adductie* van het mp. gewricht op de peesverplaatsingen van de lange strekkers zijn gering en niet voldoende reproduceerbaar.

Duidelijk werd de tendens dat de lange strekkers de wijsvinger en de pink in het mp. gewricht abduceren.

Vervolgens worden van de handen röntgenfoto's gemaakt:

- |        |   |
|--------|---|
| 1 en 2 | van dorsaal, bij gestrekte vingers                                      |
| 3      | van dorsaal; belichtingen bij de pols in radiale en in ulnaire deviatie |
| 4      | van dorsaal, vingers gespreid   |

- 5 van palmair, vingers gestrekt en gesloten
- 6 van palmair, mp. gewricht gebogen, ip. gewrichten gestrekt
- 7, 8, 9, 10 van palmair, resp. dII, III, IV en V gestrekt en belicht in radiale deviatie-stand, middenpositie en ulnaire deviatie-stand, waarbij de niet-gestekte vingers in het mp. gewricht licht gebogen zijn
- 11 hand en pols van ulnair
- 12 idem, met de pols in 4 standen van flexie.

Van de vier handen zijn vervolgens de vingers met hun metacarpalia losgeprepareerd. De mm. interosseï en mm. lumbricales blijven resp. aan het os metacarpale en de diepe buigpees verbonden.

Van het beloop der intrinsieke handspieren worden röntgenopnamen gemaakt nadat door de pezen nikkelchroomdraad is aangebracht. Bij afwezigheid van de wing-insertie van een m. interosseus wordt hiervoor (indien aanwezig) de wing insertie van de m. lumbricalis genomen. Indien ook deze afwezig is en er dus géén wing-insertie aan extensor assembly verbonden is, wordt de draad aangebracht in de phalangeale insertie van de intrinsieke handspier. Dit gebeurt bij d V ulnair bij hand I en II. In dII en III van hand I en hand II en in dI van hand III en IV vormen de mm. lumbricales de wing-insertie. In alle andere gevallen verzorgen de mm. interosseï de wing-insertie van de extensor assembly. De m. abductor digiti quinti wordt opgevat als een intrinsieke handspier.

Tabel V.1

*Peesverplaatsingen*, van de m. extensor digitorum en de m. flexor digitorum profundus, in mm. (— = proximaal, + = distaal)

90° flexie

*m. extensor digitorum*

		dII		dIII		dIV		dV	
		mp.	pip.	mp.	pip.	mp.	pip.	mp.	pip.
I	♀	15	7	17°	8	16°	8	11	6
II	♀	15	8	13	8	13	7	10	6
III	♂	16	8	16	9	15	8	10	7
IV	♂	14	8	16	8	15	9	10	8

## vervolg tabel V.1

*90° flexie**m. flexor digitorum profundus*

	dII			dIII			dIV			dV		
	mp.	pip.	dip.	mp.	pip.	dip.	mp.	pip.	dip.	mp.	pip.	dip.
I	- 11	- 8	- 9°	- 9	- 9	- 8	- 12	- 14	- 5	- 11	- 11	- 5
II	- 13	- 12	- 8°	- 14	- 10	- 5	- 11	- 10	- 5	- 12	- 10	- 5
III	- 12	- 15	- 7	- 13	- 12	- 6	- 17	- 12	- 5	- 15	- 12	- 6
IV	- 15	- 16	- 5	- 15	- 17	- 5	- 16	- 12	- 8	- 15	- 10	- 7

Bij de overgang van radiale deviatie in het mp.  
gewricht tot ulnaire deviatie-stand

*m. flexor digitorum profundus*

	dII	dIII	dIV	dV
I	40° - 2	35° 0	40° 3	45° 2
II	40° - 2	40° - 2	40° - 1	40° 2
III	40° - 5	40° - 5	40° - 2	40° 2
IV	45° - 4	40° - 1	40° 3	40° 1



Tabel V.2

Peesverplaatsingen in mm bij diverse standen van het polsgewricht

A) Bij de overgang van ab-naar adductie ( $30^\circ$ )

	<i>m. extensor digitorum</i>				<i>mm. flexores digitorum</i>			
	dII	dIII	dIV	dV	dII	dIII	dIV	dV
I	1	0	-4	-8	4	1	0	-4
II	2	-3	-5	-9	2	1	-1	-5
III	2	-3	-7	-12	0	-3	-4	-5
IV	2	0	-5	-9	0	0	-4	-5

B) Bij de overgang van gestrekte stand naar  $45^\circ$  flexie

	<i>m. extensor digitorum</i>				<i>mm. flexores digitorum</i>			
I	11	10	10	9	-11	-11	-10	-8
II	8	8	7	7	-12	-12	-11	-11
III	11	10	10	8	-14	-13	-13	-10
IV	10	10	9	7	-11	-13	-13	-12

C) Bij de overgang van gestrekte stand naar  $45^\circ$  extensie

	<i>m. extensor digitorum</i>				<i>mm. flexores digitorum</i>			
I	-11	-11	-10	-10	7	8	10	9
II	-9	-11	-9	-8	7	7	10	10
III	-13	-14	-13	-11	7	8	7	7
IV	-13	-15	-13	-10	10	11	10	10

## V.2 Pols

Voor het bewegen van de vingers is de stand van de pols belangrijk.

De lange spieren zijn polyarticulair. Het effect van lengteverandering wordt mede bepaald door de stand of de standsverandering van de pols.

Uit de peesverplaatsingen blijkt dat de strekpees van de wijsvinger radiaal, de andere strekpezen ulnair liggen van de bewegings-as voor ab- en adductie. De afstanden van de pezen tot deze as verhouden zich als  $-2 : 2 : 5 : 10$ . Analooq geldt voor de buigpezen de verhouding van  $-2 : 0 : 3 : 5$  (zie tabel V.2).

Bovenstaande verhoudingen zijn afgerond en gemiddeld, en mogen niet als absolute waarden worden gezien. Zij geven slechts een *tendens* aan en binnen zekere grenzen de reële waarden.

De methode werd toegepast voor de peesverplaatsingen van de lange vingerbuigers en -strekkers (tabel V.2) bij de flexie- en extensiestanden van de pols.

Met de middelloodlijnconstructie (zie hoofdstuk IV.2) kan waarschijnlijk worden gemaakt dat met geringe benadering ab- en adductie van de pols om één dorso-pal-maire as plaatsvindt. Hetzelfde geldt voor een ulno-radiale as bij flexie- en extensiebewegingen.

## V.3 De metacarpophalangeale gewrichten

Uit zijdelingse röntgenfoto's van mp. gewrichten, gefotografeerd in 4 standen van flexie en bewerkt met de middelloodlijnconstructie blijkt dat er geen zuivere één-assige beweging optreedt (foto V.1). Dit volgt uit de ligging van de snijpunten van de middelloodlijnen 1, 2 en 3 (van de projecties van het meest distale loodbolletje). Loodlijn 1 snijdt loodlijn 2 proximaal van het snijpunt van 2 en 3. Loodlijn 1 snijdt 3 tussen de twee vorige snijpunten doch meer naar dorsaal.

Een dergelijke rangschikking van snijpunten wordt gevonden bij gecombineerde flexie-translatiebewegingen (figuur V.1.a-g). Hier zijn de dicht bij elkaar op één rij liggende puntjes de rotatieassen van de drie te roteren en te translteren punten. De onderlinge ligging der puntjes geeft de mate van translatie van de flexie-as aan: fig. V.1.c. komt nauw overeen met hetgeen in de röntgenfoto's gevonden wordt.

Bij een dergelijke flexie-translatiebeweging is een *gemiddelde* bewegingsas te construeren, zijnde het snijpunt der bisectrices (fig. V.2) van de driehoek gevormd door de middelloodlijnen 1, 2 en 3. Zonder grote afwijkingen te introduceren is bepaling van de afstand van een pees tot de „gemiddelde” flexie-as veel eenvoudiger dan tot de evolute (lijn getrokken door de rotatieassen behorende bij kleine toenamen van de flexiehoek).

Afstanden van pezen tot de flexieas zullen verder worden gemeten t.o.v. de zojuist beschreven „gemiddelde” as.

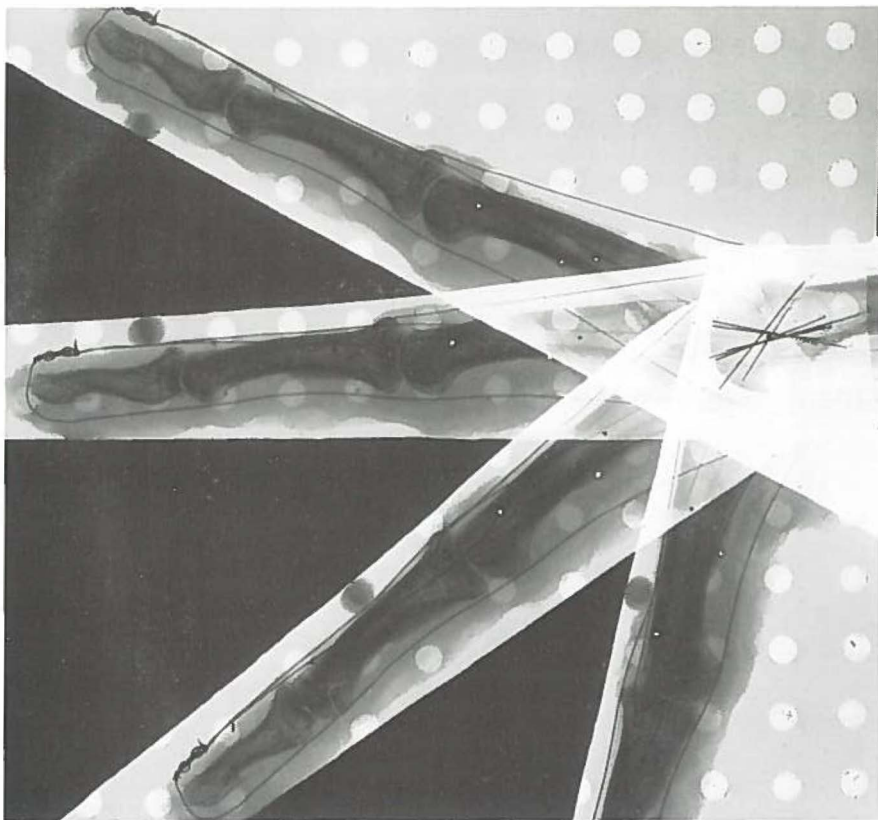


Foto V.1. Constructie van de mp. flexie-as.

### *V.3.1. Flexie-extensie*

Uit de afstanden der pezen (r) tot de geconstrueerde flexie-as in zijaanzicht (tabel V.3 en foto V.1) blijkt het volgende:

De afstand van de m. extensor digitorum neemt af bij voortgaande flexie en neemt toe van de m. flexor digitorum, evenals de afstand van de radiale en ulnaire m. interosseus.

In de wijsvinger, de middelvinger en de ringvinger zijn de waarden bijna gelijk terwijl de waarden in de pink iets kleiner zijn dan in de twee radiaal ervan gelegen vingers. In de pink is de afstand van de flexorpees veel groter dan die van de extensorpees, waarbij de langste ongeveer de helft is van die in de 3 radiale vingers. Dit wordt waarschijnlijk veroorzaakt doordat de extensorpees dorso-ulnair van het caput ossis metacarpalis ligt. In de zijdelingse projectie is hierdoor de afstand tot de rotatie-as

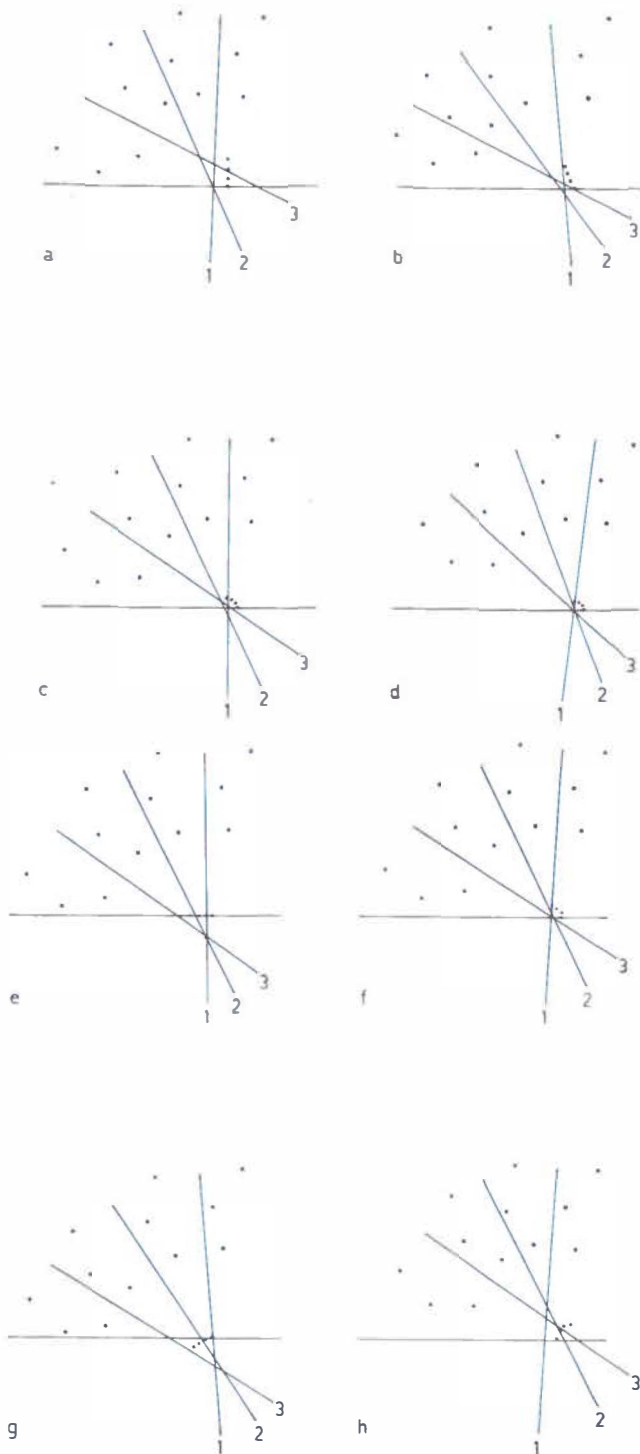


Fig. V.1 Acht typen van gecombineerde flexie-translatie bewegingen en de daarbij behorende snijding der middelloodlijnen.

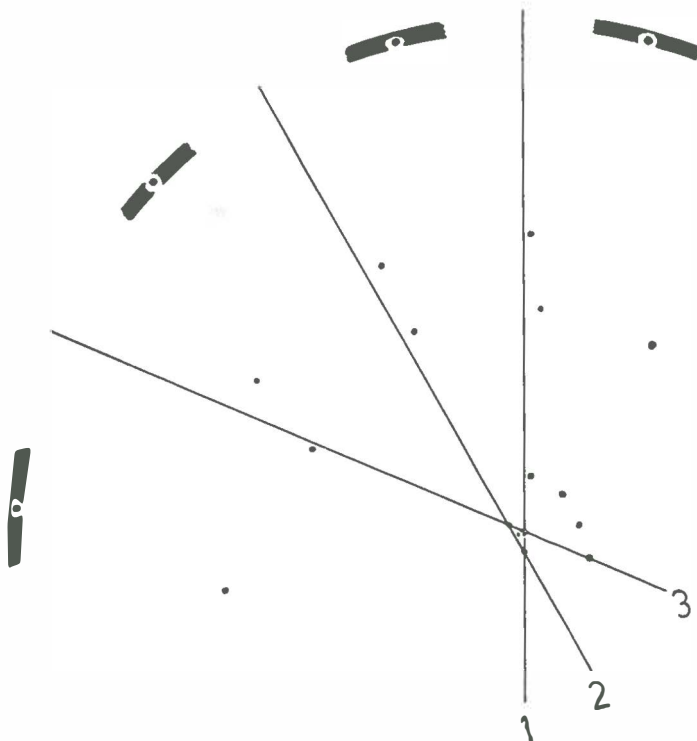


Fig. V.2 Spreidingsbreedte bij omcirkeling der vier aparte punten rond het snijpunt der bisectrices van de driehoek gevormd door de drie middelloodlijnen (bij een flexie-translatie beweging, als in het mp. gewricht).

kleiner dan bij zuiver dorsale ligging van de pees.

Van dII t/m dV neemt de afstand van de ulnaire interosseuspees t.o.v. de geconstrueerde flexie-as toe (5, 7, 9 en 11), die van de radiale interosseuspees af.

Dit laatste verschijnsel wordt versterkt doordat in dII vier maal en in dIII 1 maal de afstand van de m. lumbricalispees gemeten is. Indien in dIII, hand I en II de m. lumbricalis-waarde vervangen wordt door de gemiddelde waarde van de wing-insertie van de m. int. rad. dIII (2) dan wordt de afstand van de pees gemiddeld 4 waardoor de ulnaire gerichte afname iets vermindert.

In sommige gevallen (aangegeven met \* en een minteken) ligt de interosseuspees aan de andere zijde van de gewrichts-as dan gezien de functie mag worden verwacht. Behalve in dV, hand IV kan, gezien de grootte van de afstand, hieraan geen verdere aandacht worden geschonken. In dV, hand IV betekent het dat de radiale m. interosseus over het gehele buigingstraject een gering strekkend i.p.v. een buigend effect heeft.

Het is opvallend dat de geprojecteerde omtrek van het caput ossis metacarpalis

Tabel V.3

*Afstanden der pezen tot de mp. flexie-as*

		dII				dIII				dIV				dV			
		e	f	r	u	e	f	r	u	e	f	r	u	e	f	r	u
Hand																	
I	1	12	10	10	1	12,5	10,5	8,5	3	13	6	2	2	9	9,5	1,5	5,5
	2	10,5	10	10,5	1,5	11	10	9	3	12	6,5	3	3	8	10	1,5	6,5
	3	9	11	13	5	9	11	13	6	9,5	9,5	5,5	7	6	10	1,5	10
	4	9	12	16	7	9	12	15,5	8	8	11,5	7	9,5	5	10,5	2	11
	r <sub>g</sub>	10	11	13	5	10	11	13	6	10	9	5	7	6	10	2	9
	r <sub>o</sub>	9,5				9				8				8			
II	1	12,5	10,5	2,5	0	12,5	7,5	0,5	8,5	12	8,5	-1*	5,5	7,5	8	-1*	7
	2	11	10,5	3,5	1,5	12	8,5	1,5	9,5	11	8,5	-1*	6,5	7	8	-1*	8
	3	10	10,5	5,5	2	11,5	10	3,5	10	9,5	10	0	10,5	4,5	11	1	13,5
	4	7	11,5	12,5	6	8	11,5	7	11	7,5	12	4	14	3,5	11	3	14
	r <sub>g</sub>	9	11	7	3	11	10	4	10	9	10	1	10	5	10	1	12
	r <sub>o</sub>	7,5-8,5				9,5				8				8,5			

III	1	15	10	-1*	0	14	9,5	6,5	0	13	10,5	-1*	3	10,5	7	0	5,5
	2	12	10	-2*	2	11,5	10,5	7,5	2	10,5	11	0	4,5	8,5	7	0	7
	3	10	14	2	3	10	13,5	9	5,5	8	15	3,5	8	1,5	11	2	12
	4	10	14,5	3	16 <sup>o</sup>	10	16,5	10,5	10	8	15,5	3	12,5	-1*	11	2	15
	r <sub>g</sub>	11	13	1	7	11	13	9	6	9	13	2	8	3	10	1	11
	r <sub>o</sub>	9-10,5				8-9				8,5				8,5			
IV	1	15	10,5	8	2,5	16,5	10	0,5	1	13	8	-2*	3	10	8	-4*	6
	2	12,5	11	8	3	13	10	1	2,5	10,5	8	-0,5*	5	7,5	8	-4*	8
	3	11	11,5	9	5,5	11,5	11,5	1	7	9,5	8,5	1	10	3,5	11	-1,5*	13
	4	10	13	14	9	10	14,5	4	12	9	14	5	12	0	11,5	0	16
	r <sub>g</sub>	11	12	10	6	12	12	2	7	10	10	2	9	4	10	-2*	12
	r <sub>o</sub>	9,5				9				8-9				8			

1, 2, 3 en 4: flexie standen (zie voor de waarden tabel V.4)

r<sub>o</sub> = straal van de cirkel, overeenkomend met de projectie van het caput ossis metacarpalis

r<sub>g</sub> = gemiddelde van stand 2, 3 en 4

\* = dorsaal van de buigings-as

o = luxiert palmail

+ = palmail van de buigings-as

In deze en volgende tabellen geven e, f, r, u resp. de m. ext. dig. comm., de m. flex. dig., de m. int. rad. en de m. int. uln. aan.

Tabel V.4

Flexie hoeken ( $\gamma$ ) en ab/adductie standen ( $\delta$ ) in resp. 4 en 3 standen zoals zichtbaar in de zijdelingse- en voor achterwaartse röntgenfoto's, van de mp. gewrichten

A	dII				dIII				dIV				dV				gem
hand	I	II	III	IV	I	II	III	IV	I	II	III	IV	I	II	III	IV	gem
$\gamma_1$	-25	-27	-24	-31	-22	-21	-28	-28	-26	-27	-22	-30	-12	-19	-32	-33	-25
$\gamma_2$	+ 3	- 5	0	3	2	0	7	5	5	- 7	4	7	0	- 6	- 7	- 3	0
$\gamma_3$	36	18	31	25	42	36	45	32	28	32	35	40	30	30	35	34	33
$\gamma_4$	74	82	84	67	73	88	85	82	71	70	72	85	55	52	71	68	74
$\gamma_4 - \gamma_2$	71	87	84	64	71	88	78	77	66	77	68	78	55	58	88	71	74

(- = dorsaal, + = palmar)  
(0° = het vlak van de handpalm)

B	dII				dIII				dIV				dV				gem
hand	I	II	III	IV	I	II	III	IV	I	II	III	IV	I	II	III	IV	gem
$\delta_1$	-19	-15	-23	-17	-17	-18	-14	-15	-15	-13	-17	-22	-15	-22	-20	-20	-18
$\delta_2$	1	4	2	0	- 1	3	4	- 2	- 1	0	0	- 5	2	- 2	7	1	1
$\delta_3$	20	17	22	19	14	23	22	23	11	20	28	15	10	22	30	35	21
$\delta_3 - \delta_1$	39	32	45	36	31	41	36	38	26	33	45	37	25	44	50	55	38

(- = radiaal, + = ulnair)



Tabel V.5

*Peesverplaatsingen* bij flexie van het *mp. gewricht* (t gemeten)  
 (– = proximaal, + = distaal)

hand	m. flex. dig.				m. ext. dig.				m. int. rad.				m. int. uln.			
	dII	III	IV	V	II	III	IV	V	II	III	IV	V	II	III	IV	V
I	-12	-13	-12	-10	13	12	13	7	-14	-15	-5	-2	- 6	- 8	- 5	- 7
II	-15	-15	-10	- 8	15	13	12	6	- 7	-17	-4	-0	-11	- 8	-13	-11
III	-19	-18	-16	-14	14	13	12	4	-15	-10	-2	-2	- 4	-10	-11	-14
IV	-14	-16	-13	-10	14	13	14	5	-15	- 4	-4	-0	- 8	-12	-12	-15

Tabel V.6

*Vergelijking* van de voor het mp. gewricht gemiddelde gemeten waarden van de peesverplaatsing bij flexie (t) en de berekende peesverplaatsing.

De waarden zijn alle gemiddeld over 4 normale handen. De peesverplaatsingen werden berekend uit de flexie hoek  $\gamma$  en de afstand r van de pezen tot de gewrichtsas

	dII				dIII				dIV				dV			
	e	f	r	u	e	f	r	u	e	f	r	u	e	f	r	u
t (gemeten)	14	15	13	7	13	16	12	10	13	13	4	10	6	11	1	12
t (berekend)	13	16	11	7	15	17	10	10	11	14	4	11	6	12	1	13
r (gemeten)	10	12	8	5	11	12	7	7	9	11	3	9	5	10	1	11
$\gamma$ gem.	77				79				72				68			

grotendeels cirkelvormig is, met de geconstrueerde „gemiddelde” gewrichts-as als middelpunt. De straal van de omtrek neemt naar ulnair weinig af. In de wijs-, middel- en ringvinger blijft de diameter van de cirkel beneden de waarde van de som der armen van de lange flexoren en extensoren. Dit is te begrijpen uit het feit dat tussen de projectie van de botomtrek nog het kraakbeen en de buig- en strekpezen zich bevinden, die een totale dikte vertegenwoordigen van 3,3 en 4 mm. In de pink blijft ogenschijnlijk voor kraakbeen en pezen geen ruimte over, doch dit wordt weer veroorzaakt door de dorso-ulnaire ligging van de strekpees.

Opvallend is verder dat de radiale m. interosseus van de pink geen flexerend moment heeft op het mp. gewricht.

Met behulp van de gemeten afstanden der pezen tot de flexie gewrichts-as kunnen de peesverplaatsingen worden berekend die behoren bij deze afstand en de in de foto's te meten hoek van flexie (zie hiervoor tabel V.4). De berekende peesverplaatsingen (t berekend) kunnen vergeleken worden met de tijdens de opname van de foto's direct gemeten peesverplaatsingen (t gemeten, tabel V.5 en V.6) als controle op de gebruikte technieken. De uitkomsten staan vermeld in tabel V.6.

### *V.3.2. Ab- en adductie*

De 16 vingers worden voor het onderzoek van de zijdelingse bewegingen in het mp. gewricht met hun palmaire zijde op de röntgenplaat gelegd en in drie standen, te weten: radiale deviatie (1), de middenpositie (2) en ulnaire deviatie (3), gefotografeerd (foto V.2).

Op identieke wijze als in het flexie-onderzoek worden de gewrichts-assen geconstrueerd. Hieruit blijkt, dat een ab- en adductie plaatsvindt met een zeer geringe translatiecomponent. Het snijpunt der bisectrices van de driehoek, gevormd door de drie middelloodlijnen geldt weer als het „gemiddelde” ab/adductiecentrum.

De afstanden van de pezen in drie standen van ab- en adductie zijn in tabel V.7 gegeven evenals de straal van de cirkel die overeenkomt met de geprojecteerde omtrek van het caput ossis metacarpalis en de ab/adductie-as als middelpunt.

Uit de tabel blijkt, dat de strekpees van de wijsvinger door zijn radiale ligging t.o.v. het ab/adductiecentrum abducerend (radiaal deviërend) werkt. In de middelvinger en de ringvinger werkt deze pees over het algemeen noch ab- noch adducerend. De strekpees van de pink zal abducen, daar hij gemiddeld 7 mm. ulnair van de ab/adductie-as ligt.

De buigpezen van de wijs- en middelvinger liggen respectievelijk gemiddeld 2 en 3 mm. ulnair van het ab/adductiecentrum en werken ulnair deviërend, in tegenstelling tot de buigpezen van de ringvinger en de pink, die adducen.

De afstand van de radiale en ulnaire interosseï tot ab/adductie-as neemt naar ulnair af. De afstand van de ulnaire m. interosseus van de pink (m. abductor digiti quinti) vormt hierop een uitzondering, daar zijn pees op grotere afstand van de ab/adductie-as ligt dan die van de ringvinger.

Vrijwel alle waarden van de twee vrouwelijke handen (I en II) zijn iets kleiner dan de

overeenkomstige van de manlijke handen.

Uit de gemeten afstanden van de het mp. gewricht overspannende pezen tot de abductie-adductie-as werden de peesverplaatsingen berekend (t berekend). Deze worden vergeleken met de tijdens de opnamen gemeten peesverplaatsingen (t gemeten, tabel V.8). De uitkomsten staan vermeld in tabel V.9.

Voor de berekening van de afstanden van de pezen tot de mp. rotatie-as wordt eerst in de zijdelingse röntgenfoto's de afstand van de vingertop tot het snijpunt van de rotatie-as en interosseuspezen gemeten. Deze afstand wordt vervolgens in voor-achterwaartse foto's afgezet zodat de afstand tot de as kan worden gemeten. De gevonden waarden staan vermeld in tabel V.10.

In de röntgenfoto's van de mp. gewrichten in drie standen van abductie kan de rotatie, die optreedt bij abductie, worden onderzocht. De onderlinge afstanden tussen de in de proximale phalanx aanwezige loodbolletjes worden gemeten. De projectie van de driehoek gevormd door de loodbolletjes als hoekpunten verandert bij rotatie van de vinger. Aannemend dat de rotatie-as in de lengte van de vinger loopt, zal een longitudinaal gericht lijnstuk bij rotatie niet in lengte veranderen, een niet longitudinaal gelegen lijnstuk wél.

De rotatie-hoek wordt berekend uit de lengteverandering van de hoogtelijn neergelaten op de longitudinale zijde, bij de overgang van radiale naar ulnaire deviatie (tabel V.11). Het quotiënt van de kleinste en de grootste waarde is dan gelijk aan de cosinus van de rotatiehoek (voor rotatiehoek  $\epsilon$ , zie tabel V.12).

Hieruit blijkt dat bij ulnaire deviatie over een traject van gemiddeld  $38^\circ$  vanuit een radiale stand de proximale phalanx gemiddeld  $14^\circ$  roteert.

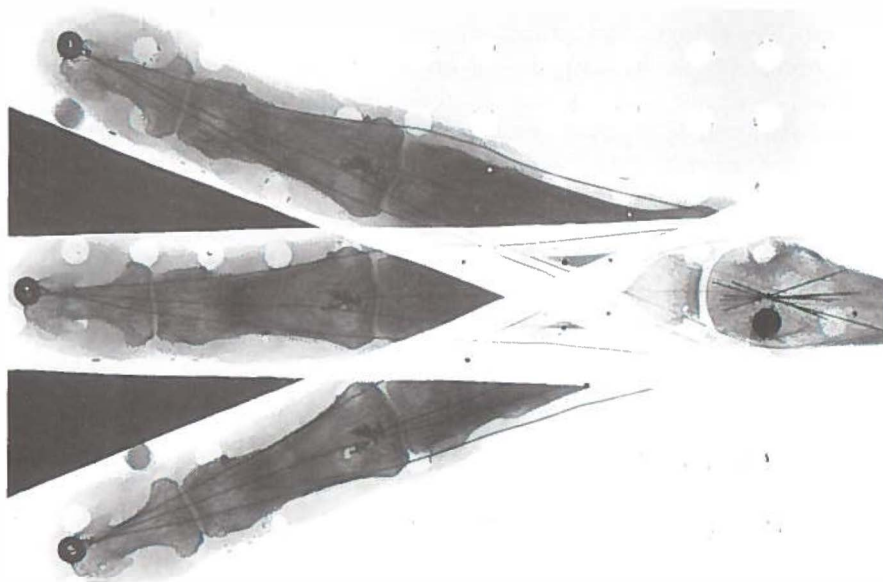


Foto V.2. Constructie van de mp. ab/adductie-as.

Door de technische moeilijkheden en onvolkomenheden bij het bepalen der rotatiehoeken, moeten de verkregen waarden met voorzichtigheid geïnterpreteerd worden. Met berekende rotatiehoeken en de afstanden van de pezen tot de mp. rotatie-as kunnen peesverplaatsingen bij rotatie worden berekend. Daar bij ab/adductie tevens rotatie optreedt moeten bij de berekende peesverplaatsingen van de intrinsieke handspieren bij ab/adductie die t.g.v. de rotatie worden opgeteld.

(Bij de overgang van een radiale stand naar een ulnaire stand exoroteren de phalangen. Door de exorotatie verplaatsen radiale pezen naar distaal en de ulnaire pezen naar proximaal. De richting van deze verplaatsingen is dezelfde als van de peesverplaatsing t.g.v. de zijdelingse beweging, zodat de verplaatsing t.g.v. de rotatie bij die van de zijdelingse beweging kan worden opgeteld.

Uit tabel V.13 blijkt dat per vinger de afstand van de strekpees t.h.v. het pip. gewricht tot de gewrichts-as, gemiddeld 5 mm bedraagt en met 1 mm (d.i. 20%) afneemt bij toenemende flexie.)

### V.4 De proximale interphalangeale gewrichten

De flexie-as wordt in de pip. gewrichten hetzelfde als in de mp. gewrichten geconstrueerd. Uit het samenvallen van de snijpunten van de drie middelloodlijnen blijkt dat de buiging (foto V.3) een zuivere flexie is: het pip. gewricht is een scharniergewricht. De afstanden van de verschillende pezen tot de gewrichts-as kunnen worden gemeten (zie tabel V.13).

Bij de buigpezen liggen deze verhoudingen enigszins anders, daar de afstanden t.o.v. de gewrichts-as, vanaf de middelvinger naar ulnair en radiaal afnemen (waarden 9, 10, 9, 7), terwijl bij toenemende flexie deze afstanden ongeveer 4 mm groter worden.

De radiale en ulnaire „wing tendons” liggen gemiddeld op ongeveer 2 mm. van de gewrichts-as (resp. 2, 2, 4 en 3 mm. radiaal en resp. 2, 1, 0, 0 mm. ulnair). Hun afstanden nemen bij flexie 2,5 mm. af (wat 125% is!). In de wijsvinger is de maximale afstand van de radiale m. interosseus gemiddeld 3 mm. en de minimale afstand gemiddeld 0 mm., wat een vermindering van 3 mm of 100% betekent. Voor de ulnaire m. interosseus zijn deze waarden resp. 3 en 0 mm., wat eveneens een afname is van 100%. In de drie ulnaire vingers liggen deze verhoudingen als volgt (voor het overzicht is de wijsvinger tevens opgenomen):

r <sub>ip</sub> =	dII		dIII		dIV		dV	
	rad	uln	rad	uln	rad	uln	rad	uln
max.	3	3	3	2,5	5	1	4	0,5 mm
min.	0	0	0	0	3	0	2	– 2 mm
% afn.	100	100	100	100	40	100	50	400%

Tabel V.7

*Afstanden der pezen tot de mp. ab/adductie-as*

		dII				dIII				dIV				dV			
		e	f	r	u	e	f	r	u	e	f	r	u	e	f	r	u
I	1	4,5 <sup>r</sup>	3 <sup>u</sup>	8,5	8	2 <sup>r</sup>	1 <sup>r</sup>	9,5	8	1,5 <sup>r</sup>	8 <sup>r</sup>	9,5	5	2,5 <sup>u</sup>	5 <sup>r</sup>	10,5	7
	2	2,5 <sup>r</sup>	3,5 <sup>u</sup>	8	9	1 <sup>r</sup>	1 <sup>r</sup>	10	9	1 <sup>r</sup>	7,5 <sup>r</sup>	9	5	4 <sup>u</sup>	5 <sup>r</sup>	9,5	7,5
	3	0	4,5 <sup>u</sup>	7	10	2 <sup>u</sup>	1 <sup>r</sup>	10	10	1 <sup>u</sup>	7,5 <sup>r</sup>	8,5	5	5,5 <sup>u</sup>	4 <sup>r</sup>	9	8
	r <sub>g</sub>	2 <sup>r</sup>	4 <sup>u</sup>	8	9	0	1 <sup>r</sup>	10	9	0,5 <sup>r</sup>	8 <sup>r</sup>	9	5	4 <sup>u</sup>	5 <sup>r</sup>	10	8
	r <sub>O</sub>	7				11,5				12,5				5,5			
II	1	1 <sup>r</sup>	1 <sup>u</sup>	12,5	8	4,5 <sup>r</sup>	2 <sup>u</sup>	8,5	8	2,5 <sup>u</sup>	4 <sup>r</sup>	10	5,5	5,5 <sup>u</sup>	6 <sup>r</sup>	10,5	5
	2	2 <sup>u</sup>	1 <sup>u</sup>	11	9	2,5 <sup>r</sup>	2,5 <sup>u</sup>	8	9	0	4 <sup>r</sup>	9	5,5	6,5 <sup>u</sup>	5 <sup>r</sup>	9	6
	3	3,5 <sup>u</sup>	1 <sup>u</sup>	10	10,5	0,5 <sup>r</sup>	5 <sup>u</sup>	6,5	10,5	1 <sup>r</sup>	4 <sup>r</sup>	8	5,5	9,5 <sup>u</sup>	4 <sup>r</sup>	7,5	8
	r <sub>g</sub>	2 <sup>u</sup>	1 <sup>u</sup>	11	9	3 <sup>r</sup>	3 <sup>u</sup>	8	9	0,5 <sup>u</sup>	4 <sup>r</sup>	9	6	7 <sup>u</sup>	5 <sup>r</sup>	9	6
	r <sub>O</sub>	12				6,5				12				9			

III	1	5 <sup>r</sup>	3,5 <sup>u</sup>	15	9	2 <sup>r</sup>	7 <sup>u</sup>	10	9,5	1 <sup>r</sup>	0	11,5	8,5	5 <sup>u</sup>	9,5 <sup>r</sup>	11	7,5
	2	1,5 <sup>r</sup>	2,5 <sup>u</sup>	14	9,5	0	7 <sup>u</sup>	9,5	10	1 <sup>u</sup>	0	10,5	8,5	7 <sup>u</sup>	7 <sup>r</sup>	9,5	8
	3	2 <sup>u</sup>	2 <sup>u</sup>	12,5	12,5	1 <sup>u</sup>	7 <sup>u</sup>	9	11	4 <sup>u</sup>	0	9	8,5	9,5 <sup>u</sup>	6 <sup>r</sup>	8	9,5
	r <sub>g</sub>	2 <sup>r</sup>	3 <sup>u</sup>	10	10	0	7 <sup>u</sup>	10	10	1 <sup>u</sup>	0	10	8,5	7 <sup>u</sup>	8 <sup>r</sup>	9	8
	r <sub>O</sub>	8				8,5				7,5				8			
<hr/>																	
IV	1	4 <sup>r</sup>	2 <sup>u</sup>	13,5	8	0	0	12	8	5 <sup>r</sup>	7 <sup>r</sup>	13	6,5	6 <sup>u</sup>	6 <sup>r</sup>	10	8
	2	1 <sup>r</sup>	2 <sup>u</sup>	13	8,5	0	0	11,5	8,5	4 <sup>r</sup>	7,5 <sup>r</sup>	12	6,5	7,5 <sup>u</sup>	4 <sup>r</sup>	7	9
	3	2 <sup>u</sup>	2,5 <sup>u</sup>	12	10	4 <sup>u</sup>	0	10,5	10	1,5 <sup>r</sup>	8 <sup>r</sup>	11	7	11 <sup>u</sup>	3,5 <sup>r</sup>	5,5	9,5
	r <sub>g</sub>	1 <sup>r</sup>	2 <sup>u</sup>	13	9	1 <sup>u</sup>	0	11	9	4 <sup>r</sup>	8 <sup>r</sup>	12	7	8 <sup>u</sup>	5 <sup>r</sup>	8	9
	r <sub>O</sub>	9,5				9,5				11,5				7			
<hr/>																	

1, 2 en 3: de drie standen van ab/adductie (zie voor de waarden tabel V.4)

r<sub>O</sub> = straal van cirkel, overeenkomend met de projectie van het caput ossis metacarpalis

r<sub>g</sub> = gemiddelde van stand 1, 2 en 3

r = pees ligt radiaal van de gewrichts-as

u = pees ligt ulnair van de gewrichts-as

Tabel V.8

*Peesverplaatsingen* bij overgang van radiale naar ulnaire deviatie-stand, in het *mp. gewricht* (– = proximaal, + = distaal)

	Hand m. flex. dig.				m. ext. dig.				m. int. rad.				m. int. uln.			
	dII	III	IV	V	II	III	IV	V	II	III	IV	V	II	III	IV	V
I	-3	1	3	1	1	0	0	-2	6	6	4	1	-4	-5	-3	-3
II	-1	-2	1	3	-1	2	-1	-6	5	3	5	7	-7	-8	-6	-6
III	-3	-5	-1	7	0	-2	-3	-7	9	4	6	6	-9	-8	-9	-8
IV	0	-2	2	4	-2	-2	0	-8	5	7	8	8	-8	-7	-5	-8



Tabel V.9

*Vergelijking* van de voor het mp. gewricht gemiddelde gemeten waarden van de peesverplaatsingen (t) bij de overgang van radiale naar ulnaire deviatie en de berekende peesverplaatsingen. De waarden zijn alle gemiddeld over 4 normale handen. De peesverplaatsingen werden berekend uit de ab/adductie hoek  $\delta$  en de afstand r van de pezen tot het ab/adductie centrum

	dII				dIII				dIV				dV			
	e	f	r	u	e	f	r	u	e	f	r	u	e	f	r	u
t (gemeten)	1p	2p	5d	7p	1p	3p	5d	7p	1p	2d	6d	6p	6p	4d	6d	6p
t (berekend)	1	1	7	6	0	1	6	6	1	3	6	4	5	4	7	6
r (gemeten)	1 <sup>r</sup>	2 <sup>u</sup>	11	9	0	2 <sup>u</sup>	10	9	1 <sup>r</sup>	5 <sup>r</sup>	10	6	7 <sup>u</sup>	5 <sup>r</sup>	9	8
$\delta$ gem.		38				37				35				43		

Tabel V.11

*Ligging der drie loodbolletjes in de proximale phalanges, in de drie standen van ab- en adductie, uitgedrukt in mm. t.o.v. elkaar.*

Bij elke stand is de hoek van ab- of adductie aangegeven; waarbij 1 de radiale, 2 de midden en 3 de ulnaire positie is. (r = radiaal, u = ulnair, l = langs gericht lijnstuk, d = distaal lijnstuk, p = proximaal lijnstuk)

			l	d	p		l	d	p		l	d	p		l	d	p
I	1	19r	9,6	10,5	10,8	17r	10,8	9,3	13,0	15r	17,6	8,0	18,3	15r	17,0	9,0	13,4
	2	1u	9,6	10,5	11	1r	10,8	9,5	12,9	1r	17,6	8,0	18,3	2u	17,1	9,0	13,4
	3	20u	9,6	10,5	11	14u	10,7	9,5	12,9	11u	17,6	8,0	18,4	10u	17,0	9,0	13,4
II	1	15r	15,2	11,6	13,5	18r	19,6	9,4	19,7	13r*	7,6	10,0	8,8	22r*	13,3	8,8	9,9
	2	4u	15,2	11,5	13,5	3u	19,5	9,3	19,7	0	7,6	9,8	8,6	2r	13,3	8,6	9,8
	3	17u	15,3	11,6	13,6	23u	19,6	9,4	19,8	20u	7,6	9,3	8,2	22u	13,3	8,6	9,6
III	1	23r	23,6	13,7	17,6	14r*	21,5	17,8	11,3	17r*	19,0	17,8	11,3	20*	12,6	14,9	8,1
	2	2u	23,6	13,6	17,6	4u	21,5	17,8	11,6	0	19,0	18,8	11,3	7u	12,6	14,4	7,8
	3	22u	23,6	13,6	17,4	22u	21,5	17,6	11,2	28u	18,8	18,9	10,1	30u	12,5	14,1	6,9
IV	1	17r*	16,0	13,5	12,0	15r	24,2	15,6	15,3	22r*	21,7	17,7	9,7	20r*	14,0	12,9	6,4
	2	0	16,0	13,2	11,7	2r	24,2	15,6	15,3	5r	21,8	17,1	9,5	1u	14,0	12,6	6,0
	3	19u	16,0	13,2	11,7	23u	24,2	15,6	15,3	15u	21,8	16,5	9,5	35u	14,0	12,4	5,4

Tabel V.12

*Rotatie hoeken* van de vinger bij de overgang van radiale naar ulnaire stand, berekend uit de verandering van de onderlinge ligging der drie loodbolletjes in de proximale phalanx

Hand	dII	dIII	dIV	dV	gem.
I	9	6	2	0	4
II	3	15	23	17	15
III	11	7	19	31	17
IV	10	0	31	35	19
gem.	8	7	19	21	14

Tabel V.10

*Afstanden* van de intrinsieke handspier-pezen tot de *mp. rotatie-as.*

Hand	dII		III		IV		V	
	r	u	r	u	r	u	r	u
I	6	9	7	9	7	7	8	—
II	10	8	8	8	9	6	3	—
III	12	10	8	10	9	8	10	6
IV	11	7	8	10	8	8	6	2

Tabel V.13

*Afstanden der pezen tot de gewrichts-as van het pip. gewricht*

		dII				dIII				dIV				dV			
		e	f	r	u	e	f	r	u	e	f	r	u	e	f	r	u
Hand																	
I	1	4,5	6,5	2	2,5	5	8	1,5	2,5	6	6,5	5,5	2	4	6	4	—
	2	4	8	1,5	2,0	5	10,5	0,5	1,5	5,5	8	5	1	4	7	3	—
	3	3	9	0	0,5	4	12	−2 <sup>P</sup>	0	5	9,5	4,5	1,5	3	8	2	—
	r <sub>g</sub>	4	8	1	2	5	10	0	1	6	8	5	2	4	7	3	—
	r <sub>o</sub>	6				6				4				5			
II	1	5,5	6,5	1	2,5	5,5	7	2,5	1,5	5,5	7	5	0	5	4,5	5	—
	2	4	9,5	−1 <sup>P</sup>	1	5	10,5	1	0	4,0	10,5	2,5	−2 <sup>P</sup>	4	7	4	—
	3	3	10,5	−2 <sup>P</sup>	−1 <sup>P</sup>	4,5	13	−1 <sup>P</sup>	−2 <sup>P</sup>	4,0	12,5	2	−2,5 <sup>P</sup>	3,5	8	2,5	—
	r <sub>g</sub>	4	9	−1 <sup>P</sup>	1	5	10	1	0	5	10	3	−2 <sup>P</sup>	4	7	4	—
	r <sub>o</sub>	7,5				5,5				5				4			

III	1	6	7,5	5	2,5	6	6,5	4,5	3,5	4	8	4	-0,5 <sup>p</sup>	3	6,5	3	0,5
	2	5	10	3	1,5	5	8	3	2	3,5	8,5	3,5	-0,5 <sup>p</sup>	3	8,5	2	-1 <sup>p</sup>
	3	5	11,5	1,5	0	4,5	9	2	2	3	9	2,5	-0,5 <sup>p</sup>	2	9,5	1	-2 <sup>p</sup>
	r <sub>g</sub>	5	10	3	1	5	8	3	3	4	9	3	-1 <sup>p</sup>	3	8	2	-1 <sup>p</sup>
	r <sub>o</sub>	5,5				6,5				6				6			
IV	1	5,5	9,5	4	4	7	8	4,5	2,5	7	6	5,5	4	4,5	5	4	1
	2	5	10,5	2,5	2,5	6	11	2,5	1,5	5	10,5	2,5	0	3,5	6,5	3	-1 <sup>p</sup>
	3	4	13	1	1	5,5	12	2	1,5	5	13	2,5	0	3,5	7	2,5	-2 <sup>p</sup>
	r <sub>g</sub>	5	11	3	3	6	10	3	2	6	10	4	1	4	6	3	-1 <sup>p</sup>
	r <sub>o</sub>	6,5				5,5				4				5			

1, 2 en 3: flexie standen (zie voor de waarden tabel V.14)

r<sub>g</sub> = gemiddelde van stand 1, 2 en 3

r<sub>o</sub> = straal van de cirkel overeenkomend met de projectie van het caput ossis metacarpalis

p = pees komt palmair van de gewrichts-as te liggen

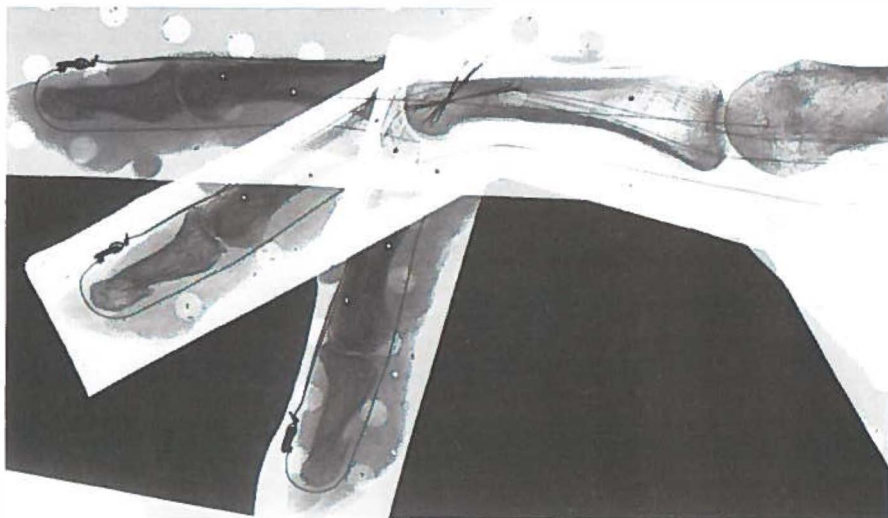


Foto V.3. Constructie van de pip. gewrichtsas.

De gemeten pees verplaatsing ( $t_{gem.}$ ) wordt vergeleken met de uit de straal berekende peesverplaatsing ( $t_{ber.}$ ). Zie hiervoor de tabellen V14, 15, 16.

De gemiddelde straal van het caput van de proximale phalanx  $r_{og}$  neemt naar ulnair af (resp. 6, 6, 5 en 5 mm), doch per vinger is de verdeling wat wisselend.

Indien de pezen van de intrinsieke handspiertjes bij het pip. gewricht palmar van de gemiddelde geconstrueerde gewrichts-as komen is dit aangeduid met een minteken (–) en voorzien van een „p” ( $-x^p$ ). Dit is meestal het geval in de maximaal geflexeerde stand van het pip. gewricht. In de ringvinger van de derde hand ligt de ulnaire pees palmar gedurende de gehele flexie-beweging.

## V.5 De distale interphalangeale gewrichten

De dip. gewrichts-as kan niet volgens de loodbolletjes-middelloodlijnconstructie gevonden worden, wegens de kleine bewegingsuitslag en de geringe lengte van de eind phalanx.

De plaats van de gewrichts-as werd aangenomen in het centrum van de zijdelingse projectie van het caput phalangis secundis. Deze plaats kan als identiek beschouwd worden met de door *Landsmeer* (1949) gevonden ligging van de as. De afstanden van de interosseuspezen en de lange buigpezen tot deze gewrichts-as worden indirect uit de röntgenfoto's berekend.

De afstanden tussen de m. interosseuspees en de lange buigpees ter hoogte van de door *Landsmeer* aangegeven gewrichts-as worden in de zijdelingse röntgenfoto's be-

Tabel V.14

*Flexie hoeken* van het pip. gewricht zoals vastgelegd op de zijdelingse röntgenfoto's (hoek  $\beta_1$ ,  $\beta_2$ ,  $\beta_3$ .)

	dII				dIII				dIV				dV			
hand	I	II	III	IV	I	II	III	IV	I	II	III	IV	I	II	III	IV
$\beta_1$	10	10	5	-10	20	15	0	5	20	0	5	-5	15	10	5	5
$\beta_2$	40	40	45	30	50	45	30	45	50	55	35	45	40	50	40	50
$\beta_3$	90	70	80	90	90	90	70	75	90	80	70	90	90	90	75	95
$\beta_3 - \beta_1$	80	60	75	100	70	75	70	70	70	80	65	95	75	80	70	90
$\beta_{\text{gem}}$		79				71				78				79		

Tabel V.15

*Gemeten peesverplaatsingen* bij flexie van het pip. gewricht (– = proximaal, + = distaal)

	dII				dIII				dIV				dV			
	e	f	r	u	e	f	r	u	e	f	r	u	e	f	r	u
I	5	– 7	2	2	1	–13	3	1	6	–11	3	2	4	– 8	2	0
II	5	–12	1	2	5	–15	2	2	5	–14	2	2	2	– 7	2	0
III	6	–11	2	2	5	– 9	2	2	5	– 5	3	0	5	–11	3	3
IV	6	– 8	1	1	7	– 8	3	3	9	–15	3	2	6	– 7	4	0

Tabel V.16

*Vergelijking* van de voor het pip. gewricht gemiddelde gemeten waarden van de peesverplaatsingen en de berekende peesverplaatsingen.

De waarden zijn alle gemiddeld over 4 normale handen. De peesverplaatsingen werden berekend uit de flexie hoek  $\beta$  en de afstand r van de pezen tot de gewrichts-as

	dII				dIII				dIV				dV			
	e	f	r	u	e	f	r	u	e	f	r	u	e	f	r	u
t (gemeten)	6d	10p	2d	2d	5d	11p	0	1d	6d	10p	3d	1d	4d	8p	3d	1d
t (berekend)	7	12	3	3	6	12	2	1	7	12	5	0	6	10	4	0
r (gemeten)	5	9	2	2	5	10	2	1	5	9	4	0	4	7	3	0
<i>B gem</i>	70				71				70				70			



Tabel V.17

Berekening van  $r_{id}$  en  $r_{f_{pd}}$

Hand	I				II				III				IV				gemidd. waarden
	II	III	IV	V	II	III	IV	V	II	III	IV	V	II	III	IV	V	
$r_{id} + r_{f_{pd}}$	9	10	9	8	9,5	9,5	9	8	11,5	10,5	10	8,5	10	11	10	8,5	10
$r_{id}$	4	4	4	3	4	4	4	3	5	4	4	3	4	4	4	3	4
$r_{f_{pd}}$	5	6	5	5	6	6	5	5	7	6	6	5	6	7	6	5	6

Tabel V.18.1

Hand	a	b	q	u	r <sub>ep</sub>	r <sub>iod</sub>	l <sub>3</sub>	l <sub>4</sub>	c	d	r <sub>emf</sub>	r <sub>fsmf</sub>	r <sub>fsp</sub>	r <sub>fpmf</sub>	r <sub>fpp</sub>	r <sub>fpd</sub>	r <sub>imf</sub>	s	r	
I																	rad	uln		
dII	−6	−1	19	13	4	4	46	29	−8	2	10	12	7	10	9	5	13	5	24	17
dIII	−7	−1	24	19	5	4	50	34	−7	2	10	12	9	10	11	6	13	6	26	20
dIV	−4	−0	22	18	6	4	49	32	−6	4	10	10	7	8	9	5	5	7	26	20
dV	−5	−1	22	17	4	3	43	25	−6	2	6	10	6	8	8	5	2	9	23	17
II																				
dII	−6	−0	25	19	4	4	52	34	−9	2	9	12	8	10	10	6	7	3	26	21
dIII	−3	−1	20	17	5	4	44	32	−4	1	11	11	9	9	11	6	4	10	21	18
dIV	−7	−0	25	17	5	4	49	30	−7	5	9	11	9	9	11	5	1	10	24	18
dV	−6	−0	20	14	4	3	43	21	−7	4	5	11	6	9	8	5	1	12	21	15
III																				
dII	−8	−0	23	16	5	5	50	28	−6	5	11	14	9	12	11	7	1	7	23	17
dIII	−5	−0	25	23	5	4	49	36	−5	4	11	14	7	12	9	6	9	6	25	20
dIV	−4	−2	26	22	4	4	51	32	−5	2	9	14	8	12	10	6	2	8	25	20
dV	−4	−2	21	18	3	3	43	26	−4	3	3	11	7	9	9	5	1	11	24	20

## IV

dII	-5	-1	21	16	5	4	48	32-7	3	11	13	10	11	12	6	10	6	25	19
dIII	-6	-0	25	19	6	4	54	35-7	4	12	13	9	11	11	7	2	7	27	21
dIV	-8	-0	25	18	6	4	51	34-7	5	10	11	9	9	11	6	2	9	25	19
dV	-6	-1	18	13	4	3	40	28-6	3	4	11	5	9	7	5	-2	12	25	19

## V

dII	-3	-0	24	21	4	5	44	27-3	4	6	18	8	16	10	7	17	4	23	17
dIII	-3	-0	23	20	5	5	47	29-8	6	2	21	7	19	9	8	16	14	26	20
dIV	-4	-0	25	21	5	5	46	27-6	3	14	19	6	17	8	7	13	18	26	20
dV	-3	+1	19	16	4	5	38	21-3	3	-1	12	6	10	8	7	1	13	22	17

## VI

dII	-5	+1	24	20	4	5	45	26-3	5	1	21	6	19	8	6	22	8	24	17
dIII	-4	-0	25	21	4	5	47	30-6	3	7	17	6	15	8	7	15	6	26	21
dIV	-4	-0	24	20	4	4	45	27-4	4	7	16	6	14	8	6	11	9	26	20
dV	-4	+1	19	15	4	4	36	20-2	3	2	14	4	12	6	5	9	11	21	15

$l_3$  = afstand mp.- tot pip. gewrichts-as  
 $l_4$  = afstand pip.- tot dip. gewrichts-as

hand V en VI zijn de pathologische handen (zie hoofdstuk VIII)  
 Voor verklaring der tekens zie figuur VI.3

$c = xA - r_{ep} \cdot \beta$   
 $d = yA$

Tabel V.18.2

Hand		r <sub>iuma</sub>	r <sub>irma</sub>	r <sub>iur</sub>	r <sub>ir</sub>	r <sub>ema</sub>	r <sub>fpm</sub>	r <sub>fsm</sub>
I	dII	9	8	9	6	2 <sup>r</sup>	4 <sup>u</sup>	4 <sup>u</sup>
	dIII	9	10	9	7	0	1 <sup>r</sup>	1 <sup>r</sup>
	dIV	5	9	7	7	0,5 <sup>r</sup>	8 <sup>r</sup>	8 <sup>r</sup>
	dV	8	10	0	8	4 <sup>u</sup>	5 <sup>r</sup>	5 <sup>r</sup>
II	dII	9	11	8	10	2 <sup>u</sup>	1 <sup>u</sup>	1 <sup>u</sup>
	dIII	9	8	8	8	3 <sup>r</sup>	3 <sup>u</sup>	3 <sup>u</sup>
	dIV	6	9	6	9	0,5 <sup>u</sup>	4 <sup>r</sup>	4 <sup>r</sup>
	dV	6	9	0	3	7 <sup>u</sup>	5 <sup>r</sup>	5 <sup>r</sup>
III	dII	10	10	10	10	2 <sup>r</sup>	3 <sup>u</sup>	3 <sup>u</sup>
	dIII	10	10	10	8	0	7 <sup>u</sup>	7 <sup>u</sup>
	dIV	8,5	10	8	9	1 <sup>u</sup>	0	0
	dV	8	9	6	10	7 <sup>u</sup>	8 <sup>r</sup>	8 <sup>r</sup>
IV	dII	9	13	7	11	1 <sup>r</sup>	2 <sup>u</sup>	2 <sup>u</sup>
	dIII	9	11	10	8	1 <sup>u</sup>	0	0
	dIV	7	12	8	8	4 <sup>r</sup>	8 <sup>r</sup>	8 <sup>r</sup>
	dV	9	8	2	8	8 <sup>u</sup>	5 <sup>r</sup>	5 <sup>r</sup>
V	dII	11	0	5	6	4 <sup>r</sup>	9 <sup>u</sup>	9 <sup>u</sup>
	dIII	11	1	6	6	7 <sup>u</sup>	7 <sup>u</sup>	7 <sup>u</sup>
	dIV	11	3 <sup>u</sup>	6	6	7 <sup>u</sup>	11 <sup>u</sup>	11 <sup>u</sup>
	dV	9	6	5	7	8 <sup>u</sup>	0	0
VI	dII	11	0	5	7	2 <sup>r</sup>	12 <sup>u</sup>	12 <sup>u</sup>
	dIII	13	3	8	7	2 <sup>u</sup>	7 <sup>u</sup>	7 <sup>u</sup>
	dIV	10	5	6	6	4 <sup>u</sup>	0	0
	dV	9	7	5	6	7 <sup>u</sup>	4 <sup>r</sup>	4 <sup>r</sup>

rekend. Deze afstand wordt opgedeeld in twee stukken die zich verhouden als 3,5 : 5 (ontleend aan Landsmeer): respectievelijk de afstanden van de tt. en de m. flex. dig. prof. tot de gewrichts-as (tabel V.17).

De metrische gegevens, noodzakelijk voor het rekenkundig vingermodel zijn opgenomen in tabel V.18, 1 en 2, samen met de uit andere tabellen overgenomen afstanden der pezen tot de geconstrueerde gewrichts-assen.

Van de drie delen der zestien phalanges worden ter documentatie respectievelijk opgegeven:

1. de interarticulaire lengte
2. de dorso-palmaire dikte in het midden van de schacht
3. de radio-ulnaire breedte in het midden van de schacht
4. de dorso-palmaire dikte van de basis
5. de radio-ulnaire dikte van de basis
6. de dorso-palmaire dikte van de kop
7. de radio-ulnaire dikte van de kop (vermeld in tabel V.19).

Tabel V.19

*Diverse maten van de botdelen der 4 onderzochte handen (zie tekst)*

		proximale phalanx							midden phalanx							eindphalanx						
	var.	1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	5	6	7
I	dII	41	7	10	14	18	8	12	25	6	7	10	14	7	9	17	4	4	7	10	4	8
	dIII	45	7	10	14	19	9	13	28	6	8	11	16	7	10	17	4	5	8	11	4	9
	dIV	43	7	10	12	16	9	12	29	6	8	10	14	7	11	18	4	4	8	11	5	9
	dV	35	6	8	11	16	9	11	20	5	7	11	12	8	9	17	4	4	8	9	5	8
II	dII	45	7	10	14	17	11	12	30	7	8	11	15	8	10	18	4	5	8	11	5	7
	dIII	42	6	10	13	19	9	12	26	5	8	10	14	7	10	17	4	5	7	11	4	8
	dIV	43	7	10	13	16	10	11	30	6	8	10	14	7	10	19	4	5	8	11	5	8
	dV	36	6	9	11	15	9	11	20	5	6	9	12	8	8	16	3	3	8	9	5	5

III	dII	43	7	11	15	19	11	14	28	6	9	12	15	10	11	19	5	5	10	12	5	9
	dIII	47	9	11	15	18	12	14	33	7	9	12	15	10	12	20	5	5	10	12	7	9
	dIV	46	8	11	13	18	12	13	31	7	9	12	14	10	11	21	5	5	10	12	6	9
	dV	36	7	9	12	16	11	12	23	6	8	10	13	9	10	19	4	4	8	10	5	6
<hr/>																						
IV	dII	44	7	11	14	19	10	12	27	6	10	12	15	8	11	19	5	5	8	12	5	8
	dIII	47	8	11	14	18	11	14	33	7	10	12	15	10	12	20	5	5	9	12	5	9
	dIV	45	8	10	14	16	11	13	32	6	9	11	14	8	11	19	5	5	8	12	5	9
	dV	37	8	9	13	15	11	11	23	7	8	11	12	9	10	19	4	4	9	10	5	6
<hr/>																						

# Een rekenkundig vingermodel

De bewegingen van de vinger zijn gecompliceerd doordat de vinger zich t.o.v. zijn middenhandsbeentje in drie dimensies kan bewegen, waarbij de afzonderlijke vingerkootjes onafhankelijk en afhankelijk van elkaar kunnen buigen en strekken.

Om de bewegingen te analyseren werd een model ontworpen, dat gestoeld is op mechanische principes. Botstukken worden hierin in principe weergegeven door regelmatige geometrische figuren, pezen door rechte lijnstukken, die daar waar nodig, via katrollen van richting veranderen. Elk gewricht heeft één tot drie draaiingsassen: de phalanges zijn t.o.v. elkaar beweegbaar in één vlak; bij het metacarpophalangeale gewricht zijn de botdelen t.o.v. elkaar in drie richtingen beweegbaar (fig. VI.1).

## VI.1 Het eigenlijke model

De opbouw van het model geschiedde van distaal af, zodat met het distale interphalangeale gewricht werd begonnen. De peesverplaatsing ( $t$ ) optredende bij een zekere flexie van een gewricht over  $\alpha$  rad. kan uitgedrukt worden in de afstand van de pees tot de gewrichts-as ( $r$ ) en de flexiehoek (in radialen) in de volgende formule:

$$t = r \cdot \alpha \quad (\text{VI. 1})$$

Deze formule is alleen geldig bij een éénassig gewricht, waar de verplaatsing van de insertieplaats langs een cylindermantel loopt waarvan de as tevens gewrichts-as is.

Aan  $r$  worden twee indices toegevoegd. De eerste index geeft de pees aan, de tweede het gewricht, b.v.  $r_{ep}$  betekent de afstand van de extensorpees tot de gewrichts-as van het pip. gewricht.

De verplaatsingen van de terminal tendon ( $tt$ ) en van de eindpees van de m. flexor digitorum profundus t.o.v. de middenphalanx kunnen zo worden uitgedrukt in de buigingshoek van het dip. gewricht. De peesverplaatsingen rond het pip. gewricht t.o.v. de grondphalanx kunnen analoog worden berekend.

## VI.2 Peesverplaatsing dorsaal van de grondphalanx

Bij een flexie van  $\alpha$  rad. in het dip. gewricht moet de interosseuspees over de rug van de middenphalanx over een afstand van  $r_{id} \cdot \alpha$  schuiven.

Bij een flexie van  $\beta$  rad. van het pip. gewricht heeft de interosseuspees een afstand  $r_{ip} \cdot \beta$  nodig voor verschuiving. Bij gelijktijdige flexie in het dip.- en het pip. gewricht moet de interosseus  $r_{id} \cdot \alpha + r_{ip} \cdot \beta$  als verschuivingsafstand hebben.

De mediale of middenpees verschuift bij  $\beta$  rad. flexie in het pip. gewricht  $r_{ep} \cdot \beta$ .



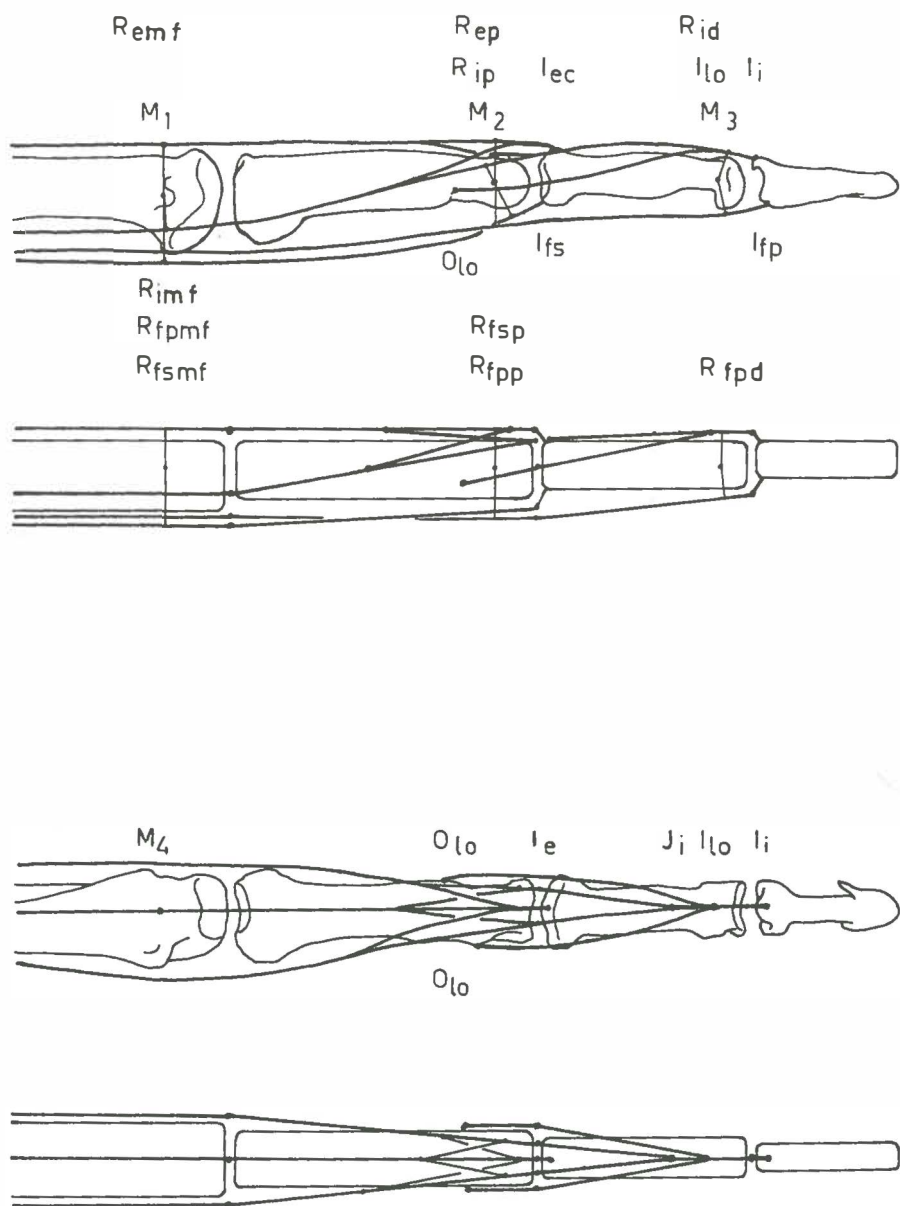
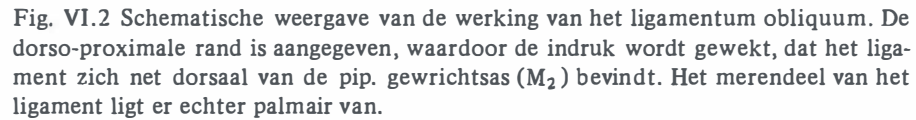


Fig. VI.1 Schematische weergave van verschillende structuren en enige benamingen in zij- en bovenaanzicht van de vinger.



Door de aanwezigheid van de laterale extensorband moet de verplaatsing van de interosseuspees even groot zijn als die van de extensorpees, wil géén van beide te grote lengte hebben, waardoor geen kracht kan worden uitgeoefend.

D.w.z.

$$r_{id} \cdot \alpha + r_{ip} \cdot \beta = r_{ep} \cdot \beta$$

dus

$$r_{ip} = r_{ep} - r_{id} \cdot (\alpha/\beta) \quad (VI.2)$$

Dit betekent dat, als  $\alpha = 0$ , de afstand tot de gewrichts-as van de interosseus gelijk moet zijn aan die van de extensor; hij moet afnemen als  $\alpha$  en daardoor ook  $\beta$  groter worden dan nul.

Indien uitsluitend de m. flexor superficialis verkort en de eindphalanx t.o.v. de middenphalanx gestrekt blijft, verlengt de interosseuspees slechts  $r_{ip} \cdot \beta$ . De extensor verlengt daarentegen nog steeds  $r_{ep} \cdot \beta$ . Uitgaande van gestrekt eindkootje (de  $r_{ep}$  is gelijk aan de  $r_{ip}$ ), *kan de  $r_{ip}$  gelijk blijven aan de  $r_{ep}$* . De mediale interosseusband trekt bij  $\beta$  rad. flexie van het pip. gewricht de interosseuspees over een afstand van  $r_{ep} \cdot \beta$  naar distaal.

Indien de afstand van de interosseuspees ( $r_{ip}$ ) bij flexie in het pip. gewricht gelijk zou blijven aan de  $r_{ep}$  zou de interosseuspees, dorsaal van de middenphalanx, geen lengte over hebben.

In deze stand is de phalanx vrij van peesspanningen, gezien het fenomeen van de „release of the third phalanx” (Landsmeer). Dit kan alleen worden verklaard door aan te nemen, dat dan de  $r_{ip}$  kleiner wordt dan de  $r_{ep}$ .

Dit wil zeggen, dat bij solitaire verkorting van de flexor superficialis vanuit de gestrekte vinger de  $r_{ip}$  niet gelijk blijft aan  $r_{ep}$ . Dat deze  $r_{ip}$  verkleint, blijkt uit de „release” van de eindphalanx.

Daar het pip. gewricht behalve door de genoemde pezen en de m. flexor digitorum superficialis, ook door de ligamenta obliquum en transversum (van Landsmeer) wordt overbrugd, is het gewenst ook de mechanische consequenties van deze ligamenten in formules uit te drukken.

Het ligamentum obliquum (het ligamentum transversum wordt verder in naam niet genoemd want de redenering geldt voor de gemiddelde werking van beide ligamenten) loopt dorsaal van de dip. gewrichtsas en ventraal van de pip. gewrichtsas. Het ontspringt van de palmo-laterale zijde van de hals van de grondphalanx en hecht aan aan de terminal tendon. Dit impliceert dat bij flexie in het dip. gewricht het lig. obliquum op spanning komt te staan. Daar weinig of geen rek mogelijk is, zal het pip. gewricht dan eveneens buigen.

### VI.3 Combinatie van flexie in pip.- en dip. gewricht, tot stand gebracht door het ligamentum obliquum (fig. VI.2)

We nemen aan, dat het dip. gewricht  $\alpha$  rad. buigt. Dit heeft tot gevolg, dat de tt naar distaal wordt getrokken over een afstand  $r_{id} \cdot \alpha$ .

De aanhechting van het lig. obliquum aan de tt moet over deze afstand naar distaal bewegen t.o.v. de proximale phalanx. De tt kan dit wèl, het lig. obliquum kan dit *niet*. De aanhechting aan de tt kan zich over de rug van de proximale phalanx naar distaal verplaatsen als tegelijkertijd met de flexie in het dip. gewricht ook het pip. gewricht buigt.

De insertie van het ligament kan een cirkelvormige baan rond zijn oorsprong doorlopen. Deze insertie moet zich tevens bij de flexie in het dip. gewricht  $r_{id} \cdot \alpha$  over de rug van de middenphalanx naar distaal bewegen. Dit komt erop neer, dat de aanhechting van het lig. obliquum twee cirkelbanen moet doorlopen: de eerste met als straal de afstand van de aanhechting tot de oorsprong van het ligament, de tweede met als straal de afstand van de aanhechting tot de gewrichtsas na verplaatsing van de aanhechting over  $r_{id} \cdot \alpha$ .

### VI.4 De veranderingen van $r_{ip}$ met de flexie-hoek

Er wordt nu nagegaan welke structuur ervoor verantwoordelijk is, dat bij toenemende flexie in het pip. gewricht  $r_{ip}$  kleiner wordt.

Aan het preparaat van een vinger is waar te nemen dat de afstand van de interosseuspees tot de pip. gewrichtsas kleiner wordt bij toenemende flexie en groter wordt bij extensie.

1. Bij passieve flexie (druk uitgeoefend op de eindphalanx) wordt de afstand kleiner.
2. Bij actieve extensie (kracht uitgeoefend op de pees van de m. extensor digitorum) wordt de afstand groter.
3. Bij passieve extensie (druk op de eindphalanx) wordt de afstand niet groter.
4. Bij actieve flexie (m. flex. dig. sup.) wordt de afstand kleiner.
5. Bij actieve flexie (m. flex. dig. prof.) wordt de afstand kleiner.
6. Bij actieve extensie (m. interosseus) wordt de afstand kleiner.

Om deze waarnemingen te verklaren moeten *twee* krachten worden aangenomen, die op de interosseuspees t.h.v. het pip. gewricht inwerken, nl.:

- a. een naar dorsaal gerichte kracht, die de afstand kan vergroten en
- b. een kracht die de afstand kan verkleinen.

ad a. Bij beschouwing van het preparaat in de beschreven zes situaties wordt het duidelijk, dat deze eerste kracht geleverd wordt via de *laterale extensorband*. Hiermee wordt verklaard, dat de afstand bij actieve extensie van het pip. gewricht door tractie aan de m. ext. dig. (zie 2) groter wordt en dat bij passieve extensie (zie 3) van dit gewricht niets gebeurt. Ook wordt begrijpelijk dat bij actieve extensie door tractie aan de m. interosseus de afstand *niet* groter, maar zelfs kleiner wordt (zie 6).

ad b. De kracht die de afstand verkleint werkt via de pees van de m. interosseus. Ter plaatse van het pip. gewricht maakt deze pees een naar palmail gerichte hoek. Indien de pees naar distaal wordt getrokken, als bij de situaties 1, 4 en 5, dan wordt hier een naar distaal gerichte kracht uitgeoefend. Het naar distaal van de pees verplaatsen zal door de weerstand in de spier worden tegengewerkt. Deze rekweerstand oefent een kracht uit naar proximaal, niet in zuiver disto-proximale richting, maar enigszins naar palmail.

Door de hoek tussen de naar distaal en de naar palmo – proximaal gerichte kracht, zal de resultante van deze krachten naar palmail gericht zijn en de afstand verkleinen.

De functie van de laterale extensorband kan als volgt worden verduidelijkt. Zonder deze band zou de extensorpees bij flexie in dip.- en pip. gewricht niet dezelfde verlenging nodig hebben als de interosseuspees, die over twee gewrichten loopt en dus meer moet verlengen dan de extensorpees (afhankelijk van de afstand tot de gewrichts-as). Daar de verlenging dezelfde moet zijn voor extensor en interosseuspees moet tenslotte de  $r_{ip}$  afnemen!

Anders gesteld geldt, dat zonder  $r_{ip}$ -afname en zonder de laterale extensorband:

1. de verkorting cq. verlenging van de interosseuspees groter moet zijn dan met deze constructie en mogelijk te groot zou kunnen worden voor de eigenlijke spierlengte van de intrinsieke spieren.
2. de extenderende kracht van de m. extensor digitorum op het dip. gewricht afwezig zou zijn, waardoor deze uitsluitend door de intrinsieke spieren zou moeten worden opgebracht.

Als functie van de laterale extensorband moet dus worden gezien:

1. de verhoging van de strekkende kracht van de intrinsieke spieren op het dip. gewricht.
2. de regeling van de grootte van de afstand van de m. interosseus tot de flexie-as van het pip. gewricht. Deze regeling is noodzakelijk voor verkleining van de excursie van de intrinsieke spieren. De aanwezigheid van de laterale extensorband zorgt ervoor dat de verplaatsingen van interosseuspees en extensorpees aan elkaar gelijk zijn.

## VI.5 De verandering van de $r_{ip}$ t.g.v. flexie in het distale en proximale ip. gewricht uitgedrukt in $\alpha$ en $\beta$ (Fig. VI.3)

Stel dat het dip. gewricht wordt gebogen over een hoek  $\alpha$ . Hierbij verschuift de  $tt$  t.o.v. de middenphalanx over een afstand van  $r_{id} \cdot \alpha$ . In de figuur is dit de verplaatsing P (een willekeurig punt op de  $tt$ ) naar P'.

De m. extensor digitorumpees (bv. punt E) verschuift bij gestrekt blijvend pip. gewricht naar distaal over  $r_{id} \cdot \alpha$  t.o.v. de grondphalanx (E naar E').

Nu is bekend, dat als het dip. gewricht  $\alpha$  flecteert, het pip. gewricht  $\beta$  flecteert t.g.v. verband tussen  $\alpha$  en  $\beta$  (zie formule VI.2). Dit betekent, dat de extensorpees nog-

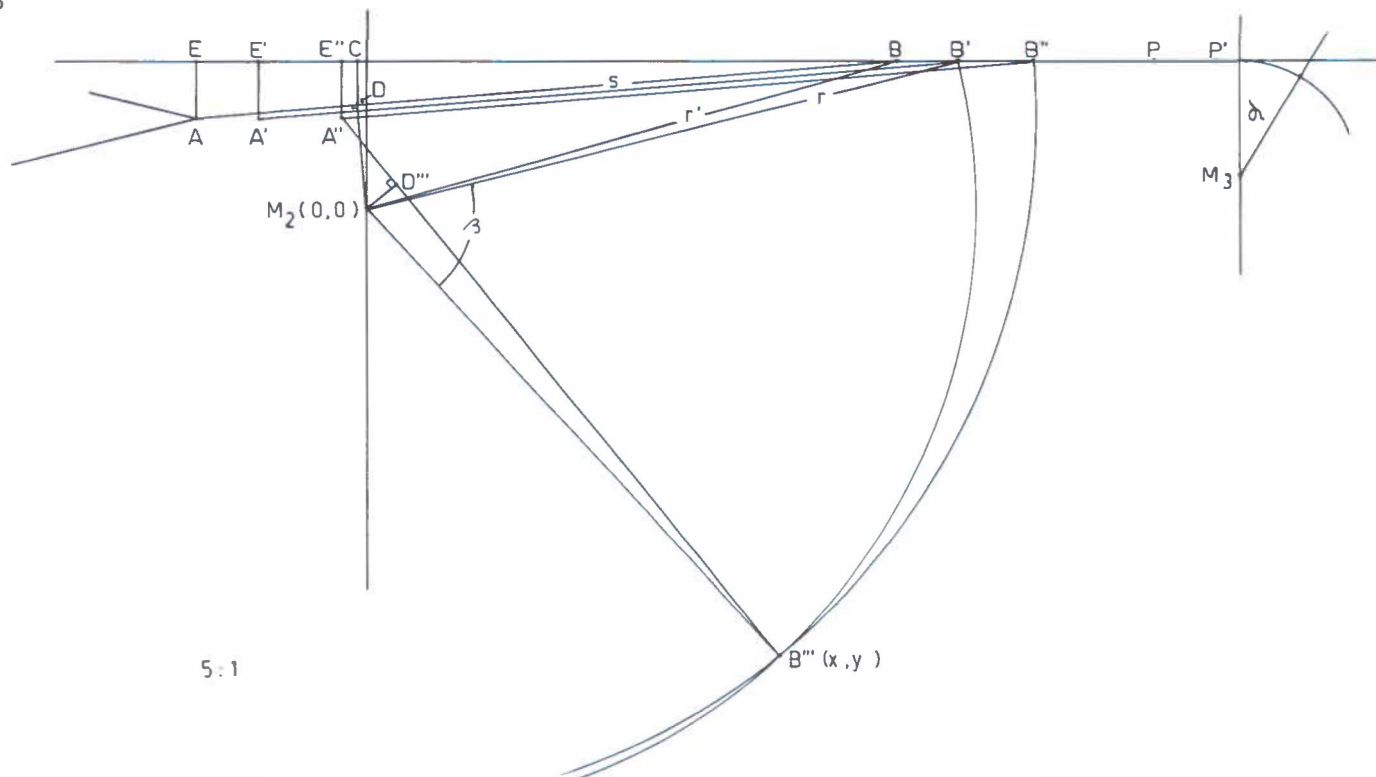


Fig. VI.3 Schematische weergave van de afname van de afstand van de m. interos-  
saeuspees bij toenemende flexie in het pip.- en dip. gewricht.

maals naar distaal verplaatst t.o.v. de grondphalanx over een afstand van  $r_{ep} \cdot \beta$  (van  $E'$  naar  $E''$ ).

Ondertussen is de interosseuspees AB eveneens naar distaal verplaatst. A is de samenkomstplaats van de laterale extensorband en de interosseuspees, B is de versmeltingsplaats van de ulnaire en radiale interosseuspezen.

AB wordt  $A'B'$  door de flexie in het dip. gewricht.

$A'B'$  wordt  $A''B''$  door de verlenging t.g.v. flexie in het pip. gewricht en  $A''B''$  na de werkelijke flexie.

$B''$  wordt gevonden door  $B'$  te cirkelen om  $M_2$  en door  $B''$  te cirkelen om  $A''$ . Het snijpunt  $B''$  geeft aan, dat bij flexie de afstand  $A''B''$  t.o.v.  $A''$  niet veranderd is, terwijl t.g.v. de flexie in het pip. gewricht de plaats van de  $B'$  t.o.v. de middenphalanx dezelfde is.

De afstand van de interosseuspees tot het pip. gewricht ( $r_{ip}$ ) aangegeven door  $M_2D$  verandert met de fasen van flexie van  $M_2D$  tot  $M_2D'$  tot  $M_2D''$  tot  $M_2D'''$ . ( $M_2D$  is de loodlijn op AB,  $M_2D'''$  is de loodlijn op  $A''B''$ ).

T.g.v. flexie in het dip. gewricht verplaatst E zich naar  $E'$  en ontstaat er een overschot aan lengte in  $E'C$  van  $r_{id} \cdot \alpha$ . Als nu het pip. gewricht buigt, wordt de extensorpees naar distaal verplaatst, maar zal eerst dit overschot aan lengte worden „opgebruikt”, alvorens werkelijk de verplaatsing optreedt, waardoor de eigenlijke verplaatsing  $r_{ep} \cdot \beta$  groot is.

## VI.6 Mogelijke functie van de mediale interosseusband (mib)

A. Bij verplaatsing naar distaal van het distale deel van de m. ext. digitorumpees.

1. Bij *flexie van het pip. gewricht* wordt via de extensorpees en de mib de interosseuspees naar distaal getrokken. Hierdoor zal buiging in het pip., maar ook in het dip. gewricht worden vergemakkelijkt.
2. Bij *flexie van het dip. gewricht* (waarbij de interosseuspees distaal verschuift), zal het pip. gewricht ook buigen en treedt 1) eveneens op.

N.B. Deze werking is te vergelijken met die van de mm. lumbricales die tussen twee pezen met tegengestelde krachten ingeschakeld zijn, nl. tussen de interosseuspees en de m. flex. dig. prof.-pees.

B. Bij verplaatsing naar proximaal van de interosseuspees. *Behalve een flexie in het mp. gewricht vindt ook een extensie in het pip.- en dip. gewricht plaats.*

De mib trekt bij extensie in het pip. gewricht het distale deel van de medial tendon met zich mee. Dit heeft extensie in het pip. gewricht tot gevolg. Het verschil tussen de strekkende werkingen van de interosseuspees en van de mib op het pip.-gewricht wordt mede veroorzaakt door de armafstand tot de gewrichts-as waarop zij werken, vooral indien vanuit gebogen positie gestrekt gaat worden. (De mib heeft een grotere afstand tot de pip. flexie-as dan de interosseuspees, over het gehele strekkingstraject van het pip. gewricht).

Resumerend is de werking van de mib:

- a. Het *vergemakkelijken* van de buiging in het pip. en dip. gewricht.
- b. Het *vergroten* van het strekkende koppel in het pip. gewricht.

## VI.7 Peesverplaatsingen bij flexie in het mp. gewricht

Hoekveranderingen in het sagittale vlak in het mp. gewricht hebben peesverplaatsingen tot gevolg die naar eenvoudige formules luisteren ( $t = r \cdot \gamma$ ). De afstanden van de pezen tot de mp. flexie-as zijn bekend.

## VI.8 Peesverplaatsingen bij zijdelingse- en rotatoire bewegingen

Het model is tot nu toe opgesteld voor het sagittale vlak. Wat het dip. gewricht betreft, behoeft het geen uitbreiding, daar dit een scharniergewricht is, dat slechts palmar en dorsaal door pezen wordt overspannen. Het pip. gewricht wordt laterodorsaal overbrugd door de pezen van de intrinsieke handspieren en het ligamentum obliquum en transversum. Daar het pip. gewricht een scharniergewricht is spannen de pezen en ligamenten de collaterale ligamenten symmetrisch aan, zonder bewegingscomponent in het palmaire- (ab- of adductie) of het transversale vlak (rotatie).

Het mp. gewricht, laat naast flexie en extensie tevens ab- en adductie en exo- en endorotatie toe. Gezien het peesverloop van de intrinsieke spieren, werken zij flexerend in het sagittale vlak, ab- of adducerend in het palmaire vlak en exo- of endoroterend in het transversale vlak.

Het aanspannen van één intrinsieke handspier heeft hierdoor een zijdelingse beweging en een rotatie tot gevolg.

Door de schuine ligging (van proximodorsaal naar distopalmar) kruisen de collaterale ligamenten de rotatie-as en zullen indien zij worden aanspannen een rotatoir effect op de vinger hebben. Deze ligamenten worden gespannen bij een van hun afgerichte zijdelingse beweging van de vinger.

Bij de roterende werking van één intrinsieke handspier dient dus het roterend effect van het contralaterale collaterale ligament (bij ab- en adductie) te worden toegevoegd. (òf: passieve zijdelingse beweging in het mp. gewricht geeft een rotatie, die wordt versterkt door de actie van een intrinsieke handspier). Het bij zijdelingse beweging ontspannende collaterale ligament staat deze rotatie toe en komt nog schuiner te liggen. Voor de berekening van de grootten van de peesverplaatsingen van de het mp. gewricht overspannende pezen bij *rotatie* is het een probleem dat de ligging van de rotatie-as niet exact bekend is. Noch *Landsmeer* (Acta Anat. 30, 404–420, 1957) noch *Dubousset* (Ann. Chir. 25, p. 25–944, oct. 1971) bepalen deze as.

Er wordt aangenomen dat de mp. rotatie-as loopt door het centrum van het caput ossis metacarpalis (ongeveer doorsneden door de flexie-as) naar het centrum van het caput van de proximale phalanx. De interosseuspezen liggen „gespiraliseerd” rond de vinger t.o.v. de rotatie-as. De peesverplaatsingen van de mm. interossei kunnen daardoor niet berekend worden met de formule  $t = r \cdot \alpha$ , daar zij niet als cirkelboog behorend bij een zekere flexiehoek mogen worden beschouwd.



Van een verdere rekenkundige analyse der peesverplaatsingen bij rotatie en ab/adductie is afgezien.

De waarnemingen over de werkingen van pezen en/of ligamenten bij deze bewegingen, kunnen echter reeds voldoende duidelijkheid verschaffen.

## VI.9 Rekenprogram

Uit formules (zie verder) kan bij een gegeven buigingshoek  $\alpha$  van het dip. gewricht voor een bepaalde vinger de bijbehorende buigingshoek  $\beta$  van het pip. gewricht worden berekend. Voor deze  $\alpha$  en  $\beta$  kunnen de bijbehorende waarden van de interosseus arm worden berekend evenals de verkortingen of verlengingen van de pezen die het dip. en/of pip. gewricht passeren. Wordt nu aan de buigingshoek  $\gamma$  van het mp. gewricht een waarde gegeven, dan kunnen eveneens de peesverplaatsingen t.o.v. het mp. gewricht worden berekend voor alle spieren die het mp. en/of pip. en/of dip. gewricht passeren.

In het rekenmodel werden voor  $\alpha$  de waarden  $0^\circ, 15^\circ, 30^\circ, 45^\circ, 60^\circ, 75^\circ, 90^\circ$  ingevoerd; voor  $\gamma$  werden  $0^\circ, 30^\circ, 60^\circ, 90^\circ$  genomen.

De formules die voor de berekeningen nodig zijn kunnen met eenvoudige algebraïsche middelen worden afgeleid. Hiertoe zijn de formule (VI.1) en de schema's fig. VI.2 en VI.3 voldoende.

De volgende controles werden in het rekenprogramma ingebouwd:

1. Indien de gemeten lengte van het lig. obliquum niet overeenstemt met de uit oorsprong- en aanhechtingscoördinaten berekende lengte  $\pm 5$  mm, dan werd dit vermeld; de verdere berekeningen vonden dan wel plaats, waarbij de berekende lengte van het ligament als de juiste werd aangenomen.
2. als sub (1), maar voor de lengte van de m. interosseus tot zijn wing-insertie.
3. In sommige gevallen is de arm van de interosseus t.o.v. de pip. gewrichts-as niet te berekenen. De verdere berekeningen werden dan, wat betreft deze vinger bij de gegeven  $\alpha$  en de berekende  $\beta$  niet uitgevoerd.

Voor alle vingers van beide handen van de man en van de vrouw werden de rekenprocedures toegepast evenals op de beide handen van de vrouwelijke patiënt met beiderzijds ulnaire deviaties in de mp. gewrichten.

Van de standen der drie phalangen bij hun gemeten lengten, werd voor de 7 gegeven waarden van  $\alpha$  en voor  $\gamma = 0$  een tekening gemaakt via de incremental plotter. Alle berekeningen werden uitgevoerd op de Cyber 70 model 7418 van het Rekencentrum der Rijksuniversiteit te Groningen (Dir. dr. D. W. Smits). Voor de grafische tekeningen werd gebruik gemaakt van het programma Komplot, versie Jan./'77. De programmering werd verricht door Prof. dr. A. G. de Wilde.

Het program werd geschreven in Algol-60. Vooral cyclometrische functies werden gebruikt, waarbij op grond van de biologische mogelijkheden werd gekozen in die situaties waar meer dan 1 rekenkundige oplossing bestond.

Een afdruk van het programma is voor belangstellende vakgenoten mettertijd op aanvraag verkrijgbaar via de directeur van het Laboratorium voor Anatomie en Embryologie te Groningen.

## Bespreking van de metrische bevindingen

### VII.1 Algemeen

Eerst dienen enige opmerkingen te worden gemaakt over de wijze waarop de bovenstaande resultaten verkregen zijn en over de interpretatie daarvan.

Een aantal metingen werden t.o.v. een geconstrueerde gemiddelde gewrichts-as verricht waarbij onnauwkeurigheden kunnen zijn opgetreden. Bij de bepaling van de ligging van de gemiddelde gewrichts-as kunnen eveneens kleine fouten zijn ingeslopen.

Een nadeel van de nikkelchroomdraden langs de lange buigpezen is dat zij over de oppervlakten van de pezen en niet in de centra ervan lopen. (In de andere pezen zijn de draden boven de gewrichtsspletten ingebracht in het centrum van de pezen). In de gevonden afstanden der lange buigpezen tot de gewrichtsassen zijn dus de totale dikten van de pezen inbegrepen. Bij de andere pezen is de halve dikte der pezen in de afstandsbeoordeling meegemet.

Wegens de ontoegankelijkheid van de insertie van de oppervlakkige buigpees bij intacte peesschede konden voor de oppervlakkige en diepe vingerbuigers bij het pip. gewricht geen aparte waarden worden bepaald. De waarde voor de oppervlakkige pees kan echter worden berekend uit de gevonden waarde door deze met de dikte van de pees te verminderen. De waarde voor de diepe wordt gevonden door de gevonden waarde met de helft van de dikte van de pees te vermeerderen. (De nikkelchroomdraad loopt door de vork van de oppervlakkige vingerbuiger). Voor het mp. gewricht kunnen op analoge wijze aparte waarden van de afstanden der buigpezen worden berekend.

De uitkomsten van „de gemiddelde vinger” vertonen grote overeenkomst met de waarden die door Landsmeer (1955) zijn gegeven.

	$r_{id}$	$r_{fpd}$	$r_{ip}$	$r_{ep}$	$r_{fpp}$	$r_{fsp}$	$r_{imf}$	$r_{emf}$	$r_{fpmf}$	$r_{fsmf}$
Landsmeer	3,5	5	—	5	10	7	5	10	11,5	13
Eigen onderzoek (* = gem.)	4	6	2*	5	9	7	6	9	9	11

De berekening van de rotatie-hoek bij overgang van radiale naar ulnaire deviatie in het mp. gewricht is om een aantal redenen onnauwkeurig. Ten eerste is het aantal stappen dat moet worden genomen om tot een uitkomst te komen groot. Ten tweede wordt via de cosinus de rotatie-hoek berekend. Kleine afwijkingen in een cosinus die weinig kleiner is dan 1 hebben grote veranderingen in de hoek tot gevolg.

Met het „bowstringen” van pezen is in de berekeningen géén rekening gehouden, daar hij  $90^\circ$  flexie de hierdoor optredende afwijking in de peesverplaatsing maximaal 10% is.

## VII.2 Specieel

Figuur VII.1 geeft grafisch het verband tussen  $\alpha$  en  $\beta$  weer, zoals berekend uit de gemeten waarden, van  $a$ ,  $b$ ,  $q$ ,  $u$ ,  $r_{ep}$ ,  $r_{iod}$  (tabel V.18.1) bij de normale hand (I). Voor de andere normale handen werden dergelijke grafieken geconstrueerd. Het blijkt dat bij een toename van de buiging in het dip. gewricht van  $0$  tot  $15^\circ$  het pip. gewricht sterker buigt. Indien  $\alpha$  groter wordt dan  $15^\circ$  neemt  $\beta$  minder snel toe. De waarden van  $\beta$ , bij gelijke  $\alpha$ , nemen van de wijsvinger naar de pink toe af.

Via een tekenprogramma worden de lengte-assen van de eind- en middenkootjes van de onderzochte vingers uitgetekend, voor opeenvolgende waarden van  $\alpha$ . Elke vinger levert een tekening als figuur VII.2 (♀, rechterhand, pink) op. Duidelijk is de aanvankelijke sterke toename van  $\beta$  (bij de  $\alpha$  van  $0^\circ$  naar  $15^\circ$ ) daarna de langzamer stijging van  $\beta$ . Observaties aan levende, normale vingers tonen, wat de hoeken tussen de lengterichtingen der phalanges betreft, veel overeenkomst met deze figuren.

Het was niet mogelijk in de gefixeerde preparaten der vingers, bij verschillende waarden van  $\alpha$  de bijbehorende waarden van  $\beta$  met zekerheid te bepalen. Hierdoor ontbreekt de eigenlijke toetsing van de  $\alpha/\beta$  relatie in het rekenmodel.

Een moeilijkheid om de validiteit van het rekenmodel (wat betreft het m. interosseus mechanisme) te onderzoeken komt voort uit de afhankelijkheden van  $\beta$ . Enerzijds is  $\beta$  een functie van  $\alpha$  volgens formule VI.2, waar het lig. obliquum voor deze relatie zorgt. Anderzijds wordt  $\beta$  door een analoog-mechanisme als bij het lig. obliquum, door de interosseus peesverschuiving bepaald. In de in hoofdstuk VI gegeven gedachtegang wordt gepostuleerd dat de verschuiving van de eindpees van de m. interosseus zowel voldoet aan de ingevoerde waarde van  $\beta$  (als functie van  $\alpha$  d.m.v. het lig. obliquum) als aan het analoge verplaatsingsmechanisme als uitgebeeld in fig. VI.3. Een aantal getekende constructies van de verschuiving van het punt E in fig. VI.3 bij verschillende waarden van  $\beta$  hebben duidelijk gemaakt dat deze verwachte verschuivingen redelijk overeenkomen met  $r_{ep} \cdot \beta$ . Door middel van het rekenprogramma werd bepaald in welke mate het punt E moet verschuiven. In dit stadium van onderzoek is een goed gefundeerde keuze tussen beide mechanismen niet mogelijk.

De gedetailleerde doorwerking van het rekenmodel, die inmiddels goeddeels is voltooid wordt hier niet verder besproken.

Theoretische peesverplaatsingen ( $t$ ) in een normale wijsvinger bij toenemende  $\alpha$  (en  $\beta$ ) zijn uitgezet in figuur VII.3 (het mp. gewricht blijft gestrekt). Bij toenemende  $\alpha$  lopen de waarden van de peesverplaatsingen op. De absolute waarden van de peesverplaatsingen nemen af in de volgorde van m. flex. dig. prof., m. flex. dig. superf., mm. interossei, m. ext. dig. comm.

In fig. VII.4 staan de berekende waarden van de peesverplaatsingen van de mm. interosseï in een linker, normale, hand bij flexie van pip.- en dip. gewricht en bij  $30^\circ$  flexie in het mp. gewricht weergegeven.

Het verschil in peesverplaatsing tussen de radiale en de ulnaire m. interosseus wordt veroorzaakt door het verschil in afstand van de interosseuspezen tot de mp. flexie-as. Uit de grafiek blijkt dat op de wijsvinger de peesverplaatsing van de ulnaire m. interosseus veel kleiner is dan die van de radiale m. interosseus. Op de andere vingers is dit juist omgekeerd. Op de linker hand van de man wordt iets dergelijks gevonden. Bij de rechterhanden van man en vrouw blijkt de middelvinger zich in dit opzicht als de wijsvinger te gedragen.

Uit de grafiek kan worden geconcludeerd dat de verlengingen van radiale en ulnaire mm. interosseï bij alle waarden van  $\alpha$  en  $\beta$  per vinger een gelijk verschil tonen.

Uit het quantitative onderzoek van peesverplaatsingen bij de beide handen van één man en van één vrouw komen verschillen tussen rechts en links en ulnair en radiaal en tussen de vingers naar voren. Het is niet veroorloofd op grond van de twee onderzochte personen zonder voorbehoud te generaliseren. Indien echter de waargenomen vinger- en radiaal/ulnair verschillen bij onderzoek van meer materiaal bevestigd worden, dan geldt het volgende: De verschillen in de interosseuspees/mp. flexie-as afstanden tussen de vingers II (III) en III, IV, V zouden mogelijke oorzaken kunnen zijn voor biomechanische verschillende gevolgen van aandoeningen van de interosseï op deze vingers.

Zo zouden dezelfde interosseus aandoeningen die op de vingers II ulnair deviërend werken, op de vingers (III), IV, V radiaal deviërend werken en omgekeerd. Een ulnaire deviatie in de mp. gewrichten van vingers II zou de radiale deviaties in de vingers III, IV, V a.h.w. moeten domineren.

Daarbij zou tevens een rechts-links verschil op kunnen treden. De radiale en ulnaire interosseuspees afstanden tot de mp. ab/adductieas (tabel V.18.2) verschillen o.h.a. weinig. De radiale afstanden zijn wat groter dan de ulnaire. Indien de contractiekrachten van radiale en ulnaire mm. interosseï gelijk zijn, dan zijn de naar radiaal deviërende momenten wat groter.

De enkele waarnemingen over de mm. interosseï die in dit proefschrift zijn vastgelegd wijzen er niet duidelijk op dat ulnaire deviaties in de mp. gewrichten als een direct gevolg van de verschillen in afstanden tot de mp. flexieassen kunnen worden beschouwd.

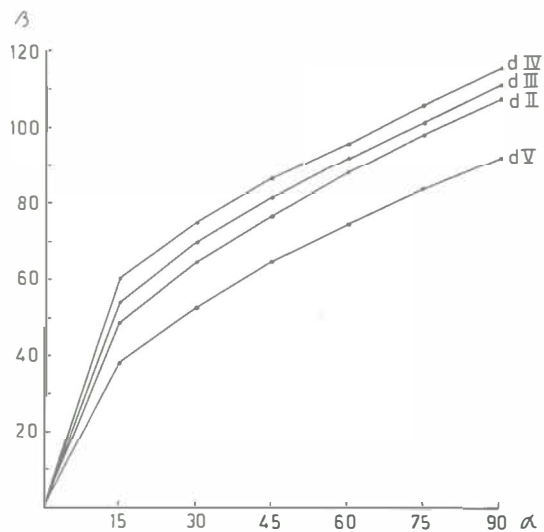


Fig. VII.1 Samenhang van de dip. buigingshoek  $\alpha$  met de pip. buigingshoek  $\beta$ .

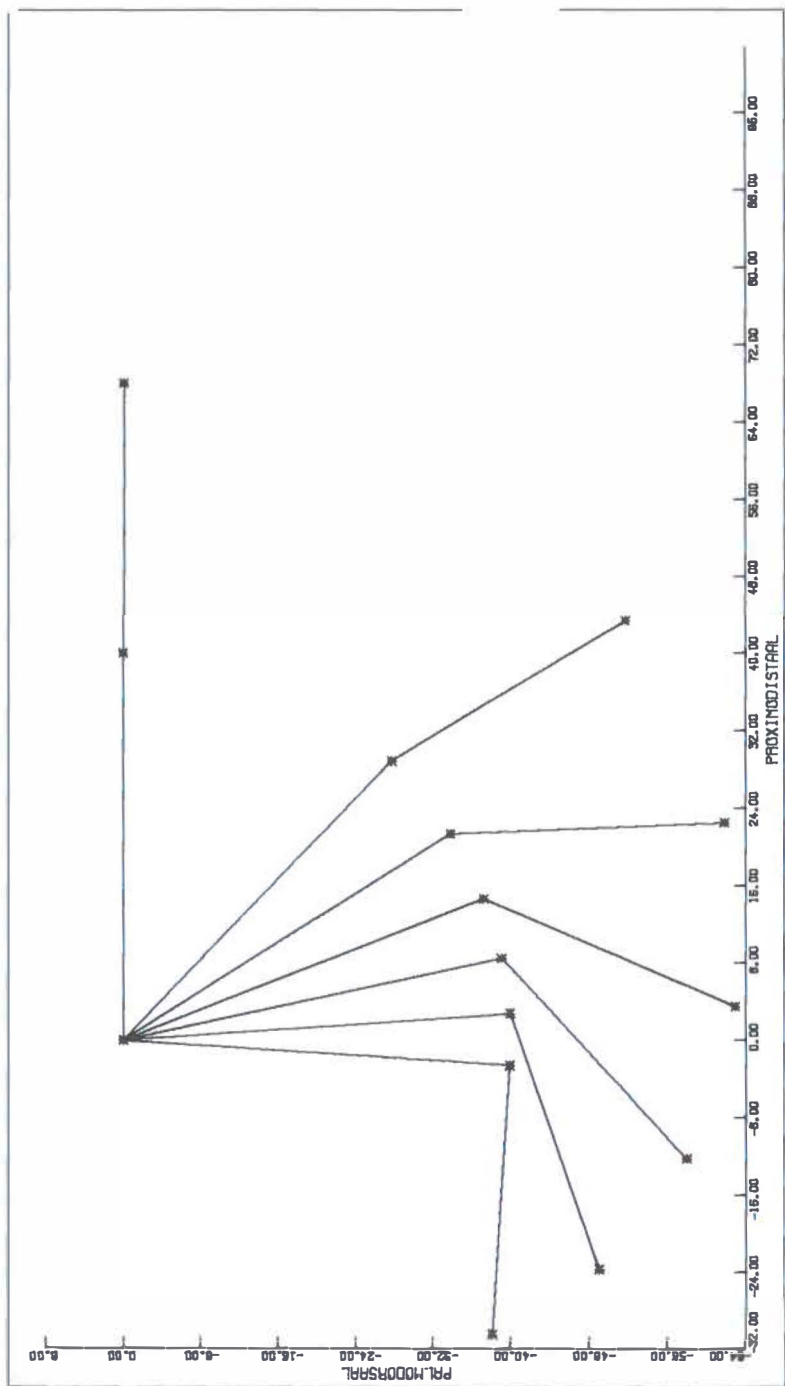


Fig. VII.2 Tekening van de standen der lengte-assen van eind- en middenkootje van de pink voor de verschillende waarden van  $\alpha$  en  $\beta$ .

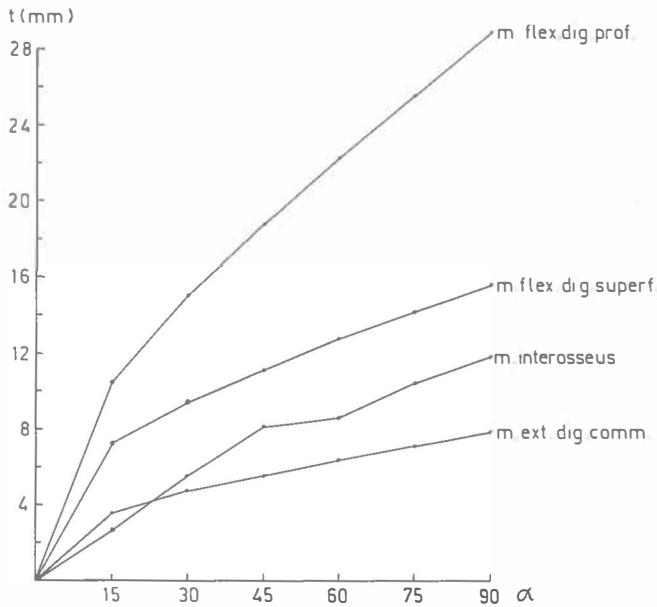


Fig. VII.3 Theoretische verplaatsingen der vingerpezen bij flexie van de pip. en dip. gewrichten van hand II, vinger II, uitgezet tegen  $\alpha$ .

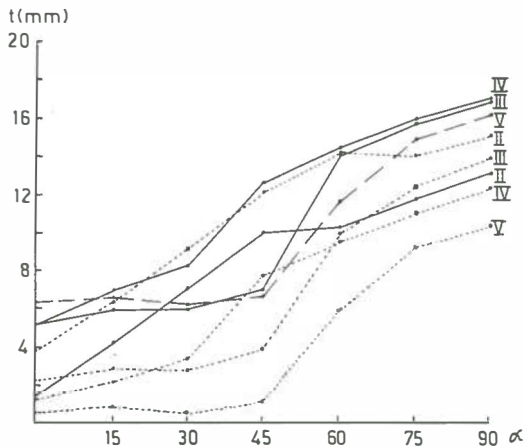


Fig. VII.4 Peesverplaatsingen der m. interossei bij pip. en dip. flexie van hand II uitgezet tegen  $\alpha$ ; — radiale m. interosseus . . . ulnaire m. interosseus.

## In het mp. gewricht naar ulnair gedeveeerde vingers

In dit hoofdstuk wordt over „ulnair gedeveeerde vingers” geschreven. De bij reumatoïde artritis optredende standsafwijking van de vinger wordt beschreven als een abnormaal grote ulnaire deviatie van de vinger in het metacarpophalangeale gewricht, gerekend naar de normale asstand van de vinger. De ulnaire deviatie komt tot uitdrukking in het naar de ulna zijde van de onderarm wijzen van de vingertop. Voor de eenvoud en de leesbaarheid zal voortaan met de „ulnaire deviatie” (u.d.) de zojuist beschreven standsafwijking worden bedoeld. Een „ulnair gedeveeerde vinger” is een vinger met een „ulnaire deviatie”.

De beschreven methode van onderzoek van peesverplaatsingen in relatie tot flexiehoeken werd toegepast op twee handen waarvan de vingers sterk naar ulnair devieerden in de metacarpophalangeale gewrichten, waarschijnlijk t.g.v. een reumatoïde artritis. Beide handen zijn afkomstig van één vrouw van 80 jaar (zie foto VIII.1, 2 en 3).

De resultaten van het onderzoek van beide handen zijn vermeld in tabellen VIII.3–19.



Foto VIII.1. De beide pathologische handen van dorso-distaal.





Foto VIII.2. De rechter pathologische hand van dorsaal.



Foto VIII.3. De rechter pathologische hand van ulnair.

## VIII.1 Algemeen

De rechter hand (V) is in de pols geflexeerd en devieert niet in de pols. De linker hand (VI) is in het polsgewricht geflexeerd en ulnair gedeveerd (zie röntgenfoto VIII.4 en tabel VIII.1).

In beide handen is de dwarse handboog t.h.v. de metacarpophalangeale gewrichten sterk gekromd. De duimen zijn geadduceerd en geopponereerd. De vier lange vingers van de rechterhand vertonen een sterkere ulnaire deviatie dan die van de linkerhand en zijn meer geflexeerd, geëndoroteerd en palmair gesubluxeerd (zie tabel VIII.2).

Typische reumaknobbels worden noch aan de polsen, noch bij de mp. gewrichten waargenomen. Bij de extrinsieke handspieren werd geen atrofie gevonden.

Wél bestond er waarschijnlijk een atrofie van de beide mm. interossei dorsales I, en een minder uitgesproken atrofie van de andere intrinsieke handspieren.

De pip. gewrichten van de middel- en ringvinger van de rechterhand zijn overstrekt.

## VIII.2 Interpretaties van de verkregen gegevens

De röntgenfoto's worden vergeleken met die van de vier normale handen.

De rechterhand is in de pols een paar graden naar ulnair gedeveerd; de linkerhand sterker. Op de dwarse foto's is een lichte flexiestand van de pols waarneembaar (tabel VIII.1 en foto VIII.4 en 5). De duim staat in beide handen in sterke adductie en oppositie.

De metacarpalia vertonen in de palmodorsale röntgenfoto's een afplatting van het radiale deel van het caput ossis metacarpalis. Deze afplatting is duidelijker in de meer ulnaire vingers: het linker caput ossis metacarpalis V is bijna puntvormig.

De distale contouren van de tubercula verschillen belangrijk van die bij de normale handen. Deze zijn niet glad, maar onregelmatig van oppervlakte en vaag begrensd. Dit is vooral duidelijk in de middel- en de ringvinger.

De proximale phalanges vertonen op de dwarse foto's een duidelijke palmaire subluxatie. De palmo-dorsale foto's laten ulnaire subluxatie, ulnaire deviatie en endorotatie zien. De ulnaire subluxatie wordt naar radiaal toe meer uitgesproken. De radiale contouren van de bases van de proximale phalanges zijn in beide ringvingers vaag. In de overige vingers zijn de radiale en de ulnaire contouren scherp begrensd.

De botdelen van de pip.- en dip. gewrichten zijn wat contrast-ruimer en minder scherp begrensd dan in de normale handen. De botstructuur van alle skeletdelen is minder fijn gestructureerd, wat wolkiger en vager van aspect. De dikte van het gewrichtskraakbeen lijkt afgenomen.

Het peesverloop in het canalis carpi verschilt niet van normaal. In de normale handen liggen de strekpezen over de middens der capita ossium metacarpalium, met uitzondering van de strekpees van de pink, die op éénderde van de totale breedte aan de ulnaire zijde ligt.

In de pathologische handen liggen deze pezen naar ulnair toe steeds meer aan de ul-

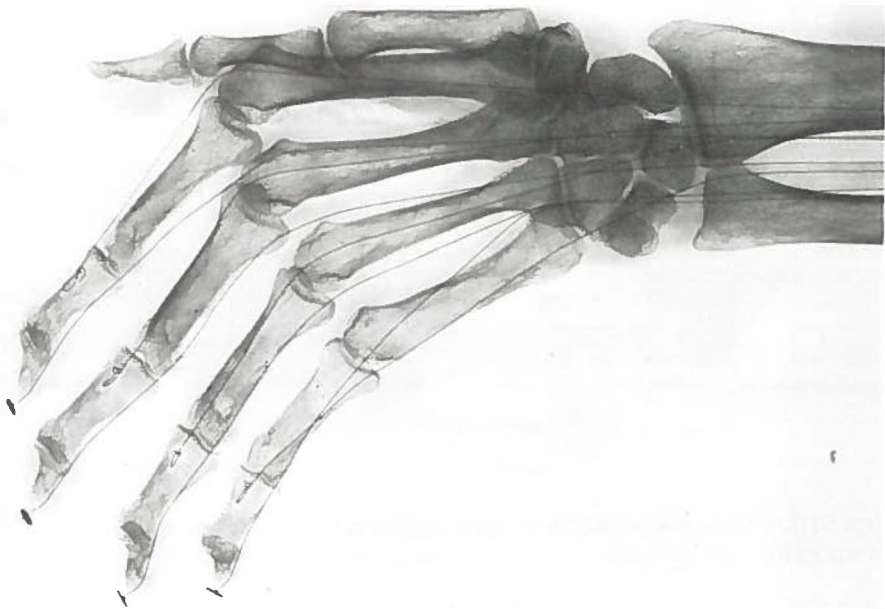


Foto VIII.4. Röntgenopname van de rechter pathologische hand, met ingehechte nikkelchroomdraden, palmo-dorsaal.



Foto VIII.5. Zijwaartse röntgenopname van de linker pathologische hand.

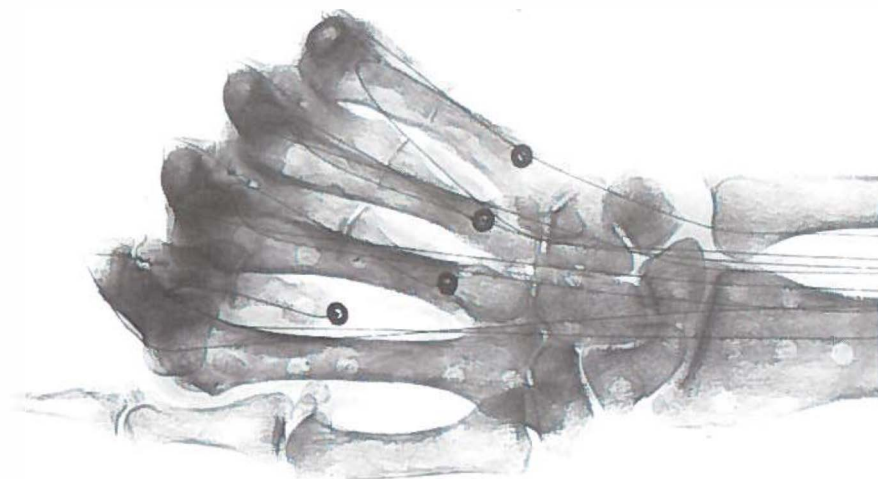


Foto VIII.6. Voor-achterwaartse röntgenopname van de rechter pathologische hand, de mp. gewrichten gebogen, de ip. gewrichten gestrekt.

naire zijden der capita. De projecties der strekpezen der beide pinken snijden in de foto's nog net een puntje van de ulnaire tubercula af.

Door de ulnaire sublaxatie van de proximale phalanges liggen de pezen t.o.v. de bases van de proximale phalanges in de wijs- en middelvinger meer naar radiaal dan normaal. In de ringvinger is deze ulnaire sublaxatie minder uitgesproken, zodat de strekpees over het midden van de basis loopt, hetgeen normaal is.

De buigpezen van de wijs-, middel- en ringvinger zijn t.o.v. de capita ossium metacarpalium en de bases van de proximale phalanges sterk naar ulnair verplaatst. De buigpees voor de pink volgt zijn normale traject. De buig- en strekpezen lopen t.o.v. de pip.- en dip. gewrichten normaal, de endorotatie van de vingers in aanmerking genomen.

De palmodorsale röntgenfoto's van de hand met maximaal gebogen vingergewrichten, tonen dat de projectie van een vingertop op zijn bijbehorende os metacarpale valt, maar dat de wijsvingertop tussen metacarpale II en III wordt geprojecteerd. Hieruit blijkt, dat in mp. flexie eveneens een ulnaire deviatie aanwezig is (foto VIII.6). Bij normale handen projecteren de vingertoppen op het radiaal gelegen os metacarpale, de wijsvingerpunt radiaal van zijn middelhandsbeentje.

De zijdelingse röntgenfoto's tonen de flexiestand en de palmaire sublaxatie van de pathologische vingers. Deze laatste is niet zo uitgesproken als bij inspectie werd verwacht. Blijkbaar suggereert de flexiestand reeds enige palmaire sublaxatie.

De voor-achterwaartse röntgenfoto's met de vingers in maximale radiale resp. ulnaire deviatie geven t.o.v. normaal een toegenomen ulnaire, resp. een weinig afgenomen radiale uitslag.

Tabel VIII.1

Ligging van de hand-as (door de lengte-richting van het os metacarpale III) t.o.v. de lengte-richting van de onderarm en van de twee pathologische handen (u = ulnair)

	flexie	abductie
V (R)	5°	0°
VI (L)	15°	15u°

Tabel VIII.2

Ligging van de proximale phalanx t.o.v. het sagittale-, palmaire- en transversale vlak. Het palmaire vlak is vastgelegd door het caput ossis metacarpalis III, de tuberositas ossis navicularis en de processus pisiformis; het sagittale vlak gaat door de lengte-as van metacarpale III en staat loodrecht op het palmaire vlak. Het per vinger gedeponeerde transversale vlak staat loodrecht op het palmaire vlak en op de lengte van de proximale phalanx. Het gaat door het caput van deze phalanx

	dII				dIII				dIV				dV			
	f	d	e	l	f	d	e	l	f	d	e	l	f	d	e	l
V	40	25	20	10	50	30	15	8	50	40	10	5	60	45	10	5
VI	35	25	20	7	40	30	10	5	40	30	10	3	45	30	5	5

(f = flexie, d = deviatie (ulnair), e = endorotatie, l = palmar luxatie in mm.)

Tabel VIII.3

*Peesverplaatsingen*

a. bij mp. flexie (30° tot 90°)

hand	dII		dIII		dIV		dV	
	e	f	e	f	e	f	e	f
V	8	7	9	8	9	8	4	9
VI	7	9	9	11	8	12	7	9

b. bij ab-adductie van het mp. gewricht (radiaal naar ulnair)

V	- 45°	5p	- 60°	8p	- 70°	5p	- 50°	1p
VI	2d 45°	3p	0 45°	3p	0 60°	0	4p 60°	0

c. bij pip. flexie (90°)

V	8	12	7	8	7	11	7	9
VI	7	14	7	14	7	10	6	10

d. bij dip. flexie (n.b.: met gestrekt pip. gewricht)

V	—	60°5	—	90°10	—	90°8	—	90°9
VI	—	80 10	—	70 9	—	90 7	—	90 8

e. bij flexie in de pols (resp. 70° en 60°)

V	16	16	15	16	13	16	7	15
VI	14	16	13	17	11	13	4	10

f. bij de overgang van radiale naar ulnaire deviatie in de pols (resp. 50° en 50°)

V	4d	2d	1p	2p	5p	6p	14p	7p
VI	2d	6p	3p	5p	4p	5p	7p	7p

e = m. ext. dig. comm.

f = m. flex. dig. prof.

Tabel VIII.4

*Peesverplaatsingen, bij flexie van de mp. gewrichten van de ulnair gedeveerde vingers*

	dII				dIII				dIV				dV			
	e	f	r	u	e	f	r	u	e	f	r	u	e	f	r	u
V	6	-13	-12	-3	5	-7	-5	-7	5	-5	-4	-7	1	-14	0	-15
VI	5	-11	-10	-5	7	-12	-11	-6	4	-13	-10	-10	2	-10	-8	-9

*Peesverplaatsingen bij ab/adductie van de mp. gewrichten  
van de ulnair gedeveerde vingers. (radiaal naar ulnair)*

V	2	-8	0	-9	1	-3	1	-4	0	-3	0	-5	-7	0	4	-8
VI	5	-8	-2	-4	3	-6	4	-5	-2	0	4	-7	-7	3	5	-7

*Peesverplaatsingen, bij flexie van de pip. gewrichten van de ulnair  
gedeveerde vingers*

V	6	-9	2	2	7	-8	4	2	6	-6	0	0	5	-6	1	-2
VI	7	-8	0	0	6	-8	1	0	5	-7	1	0	4	-5	1	1



Tabel VIII.5

*Afstanden der pezen tot de mp. flexie-as van de ulnair gedeveeerde vingers*

		dII				dIII				dIV				dV			
		e	f	r	u	e	f	r	u	e	f	r	u	e	f	r	u
V	1	7	16	16	4	3	21	15	13	13	20	13	19	0	10	1	9
	2	6	16	18	5	2	20	15	13	14	17	12	17	-1 <sup>p</sup>	12	1	13
	3	5	17	18	5	1	19	16	14	16	17	13	17	-3 <sup>p</sup>	12	2	16
	r <sub>g</sub>	6	17	17	4	2	20	16	14	14	18	13	18	-1 <sup>p</sup>	11	1	13
	r <sub>o</sub>	7*				7*				6* (£)				8			
VI	1	2	20	20	8	7	16	13	5	7	14	10	6	3	12	8	9
	2	1	20	23	8	7	17	15	7	7	15	12	8	2	14	9	11
	3	0	19	23	9	7	16	16	7	7	15	12	12	0	14	11	13
	r <sub>g</sub>	1	20	22	8	7	16	15	6	7	15	11	9	2	13	9	11
	r <sub>o</sub>	8*				8*				6*				6*			

zie voor de nomenclatuur tabel V.3

\* het middelpunt van de omschreven cirkel komt niet overeen met de gewrichts-as.

£ gereconstrueerde gewrichts-as ligt 45 mm dorsaal van het caput

De maten zijn genomen t.o.v. een gewrichts-as die aan de dorso-proximale rand van het caput ossis metacarpalis ligt, zoals de andere pathologische gewrichts-assen.

Tabel VIII.6

*Afstanden der pezen tot de mp. ab/adductie-as van de ulnair gedeveeerde vingers*

		dII				dIII				dIV				dV			
		e	f	r	u	e	f	r	u	e	f	r	u	e	f	r	u
V	1	5r	6u	3r	9u	7u	5u	2r	9u	7u	11u	3u	11u	7u	2r	6r	8u
	2	4r	9u	0	11u	7u	8u	1r	14u	7u	11u	3u	11u	8u	0	6r	9u
	3	4r	11u	3u	14u	7u	8u	0r	9u	7u	11u	3u	11u	10u	1u	6r	10u
	r <sub>g</sub>	4r	9u	0	11u	7u	7u	1r	11u	7u	11u	3u	11u	8u	0	6r	9u
	r <sub>o</sub>	8				8*				8*				9*			
VI	1	4r	11u	4r	7u	0	2u	10u	8r	2u	4r	8r	8u	5u	6r	7r	7u
	2	2r	12u	0	12u	1u	8u	14u	3r	5u	1r	5r	10u	7u	3r	7r	9u
	3	1r	14u	5u	14u	5u	12u	16u	1u	6u	4u	3r	11u	8u	2r	7r	10u
	r <sub>g</sub>	2r	12u	0	11u	2u	7u	13u	3u	4u	0	5u	10u	7u	4r	7r	9u
	r <sub>o</sub>	6*				8*				7*			8				

Zie voor de nomenclatuur tabel V.7

\* Het middelpunt komt niet overeen met de gewrichts-as.

Tabel VIII.7

*Afstanden* der pezen tot de gewrichts-as van de pip gewrichten van de ulnaire gedeveeerde vingers, gemeten in de zijdelingse röntgenfoto's

		dII				dIII				dIV				dV			
		e	f	r	u	e	f	r	u	e	f	r	u	e	f	r	u
V	1	5	7	3	4	7	5	6	6	6	5	4	4	6	3	3	8
	2	4	9	3	3	5	8	4	4	5	8	2	2	3	7	0	5
	3	3	12	2	2	4	10	3	3	5	8	1	1	3	10	0	5
	r <sub>g</sub>	4	9	3	3	5	8	4	4	5	7	2	2	4	7	1	6
	r <sub>o</sub>	6				5				4				4			
VI	1	6	6	2	7	5	6	0	4	5	5	2	6	5	2	3	6
	2	4	7	1	3	4	7	4 <sup>p</sup>	2	3	7	0	4	3	6	0	2
	3	3	9	0	2	4	9	5 <sup>p</sup>	1	3	9	2 <sup>p</sup>	2	3	7	0	2
	r <sub>g</sub>	4	7	1	4	4	7	3 <sup>p</sup>	3	4	7	0	4	4	5	1	3
	r <sub>o</sub>	5				5				4				4			

Zie voor de nomenclatuur tabel V.13.

p = palmar

Tabel VIII.8

Minimale-, middenstand en maximale flexiehoeken van het mp. gewricht der ulnair gedeveerde vingers zo- vingers, gemeten in de zijdelingse röntgenfoto's

	dII		dIII		dIV		dV	
hand	V	VI	V	VI	V	VI	V	VI
$\gamma_1$	25	50	55	42	78	30	17	22
$\gamma_2$	47	67	71	65	97	58	52	45
$\gamma_3$	75	87	92	89	108	83	90	74
$\gamma_3-\gamma_1$	50	37	37	47	30	53	73	52

Flexiehoek in de drie standen van het pip. gewricht van de ulnair gedeveerde vingers zoals vastgelegd op de zijdelingse röntgenfoto's

	dII		dIII		dIV		dV	
hand	V	VI	V	VI	V	VI	V	VI
$\beta_1$	0	-19	-18	-5	4	-7	-7	-10
$\beta_2$	43	27	25	40	39	45	48	43
$\beta_3$	87	75	72	76	70	82	86	77
$\beta_3-\beta_1$	87	94	90	81	66	89	93	87

(- : hyperextensie)

Tabel VIII.9

*Afstanden* van de geconstrueerde mp. flexie-as in de ulnair gedeveeerde vingers t.o.v. de geconstrueerde gewrichts-as, zoals bepaald in de normale vingers (in x- en y-richting, in mm)

	dII	dIII	dIV	dV	gem.
hand					
V	x-2,5	-4	-3	0	-2
	y+1,5	+5,5	+4	+1,5	+3
VI	x-4,5	-1,5	0	-4	-3
	y+7	+1,5	0	+2	+3
gem.	x-4	-3	-2	-2	-3
	y+4	+4	+2	+2	+3

x richting - = prox. + = distaal

y richting - = palm. + = dorsaal

Tabel VIII.10

*Afstanden* der pezen van de ulnair gedeveerde vingers tot de mp. flexie-as, zoals deze in normale vingers ligt

		dII				dIII				dIV				dV			
		e	f	r	u	e	f	r	u	e	f	r	u	e	f	r	u
V	1	8	14	14	3	8	17	11	10	7	16	10	16	0	10	1	9
	2	7	15	16	4	7	17	12	11	7	16	10	16	2	12	2	14
	3	6	16	17	5	6	17	12	12	5	16	10	17	4	13	2	17
	r <sub>g</sub>	7	15	16	4	7	17	12	11	6	16	10	16	2	12	2	13
VI	1	6	16	4	15	8	15	12	5	7	13	10	6	4	11	7	7
	2	5	16	3	17	8	16	15	6	7	14	11	8	3	13	9	10
	3	4	16	6	18	8	16	15	7	7	15	12	11	1	14	11	13
	r <sub>g</sub>	5	16	5	17	8	16	14	6	7	14	11	8	3	13	9	10

e      f      r      u  
 gemiddelde waarden: 6    15    10    11

Tabel VIII.11

Gemiddelde afstanden der pezen tot de mp.-flexie-as van de normale (1) en van de ulnaire gedeveeerde vingers (2)

	dII				dIII				dIV				dV			
	e	f	r	u	e	f	r	u	e	f	r	u	e	f	r	u
!	6	16	10	10	8	16	13	8	7	15	11	12	2	12	5	12
!	10	12	8	5	11	12	7	7	9	11	3	9	3	9	1	11
verschil	4	4	2	5	3	4	5	1	2	4	8	3	3	2	4	1

De buig- en strekpezen liggen bij de overgang van radiale naar ulnaire stand van de vingers als in normale handen.

Röntgenfoto's van de losgeprepareerde ulnair gedeveeerde vingers, waarin ook de mm. interossei van röntgenopaque materiaal zijn voorzien, tonen een aantal bijzonderheden.

Duidelijk is de vermindering van de grootte van het flexiebewegingstraject van de mp. gewrichten (tabel VIII.8 vergelijk tabel VI.4). De palmaire subluxatie in de maximaal gestrekte vinger is het meest uitgesproken in de wijsvingers en in de pinken. Hiertoe werd de dorsale contour van de proximale phalanx naar proximaal doorgetrokken. De delen die deze lijn van het caput ossis metacarpalis bij de pathologische en bij „normale” handen afsnijdt, worden met elkaar vergeleken. Door deze methode ook toe te passen in de twee andere flexiestanden, kon worden vastgesteld, dat de palmaire subluxatie met toenemende flexie afneemt. Bij 90° flexie in het mp. gewricht raakt bovengenoemde lijn in ulnair gedeveeerde vingers de omtrek van het caput ossis metacarpalis (foto VIII.7).

De flexie-as blijkt in de ulnair gedeveeerde mp. gewrichten gemiddeld 3 mm dorsaal en 3 mm proximaal te liggen van de plaats van deze as in normale vingers (tabel VIII.5,9 en 10).

De afstanden der pezen in de pathologische handen tot de niet-pathologische mp. flexie-as worden vergeleken met de normale waarden (tabel VIII.11).

Hieruit blijkt dat de gemiddelde afstand van de extensorpees t.o.v. de mp. flexie-as in de pathologische handen 3 mm kleiner is dan in de normale handen. Dit kan worden verklaard uit de afwezigheid in de pathologische handen van het traject van gemiddeld 40° flexie (25°–78°) tot gestrekte stand (veroorzaakt door de extensiebeperking). In dit traject neemt in normale handen de afstand van de m. extensor digitorum communis-pees tot de gewrichtsas af.

De flexoren liggen 4 mm meer palmar dan bij normale handen. Dit wordt gedeeltelijk veroorzaakt door het ontbreken van het begin van het bewegingstraject. Indien

dit wordt verrekend dan is de afstand nog 3 mm groter dan die bij normale pezen. De afstanden der mm. interossei tot de mp. flexie-assen zijn groter dan normaal: 5 mm voor de radiale en 3 mm voor de ulnaire interosseus. In het vergelijkbaar bewegingstraject zijn deze waarden 4 mm voor de radiale en 1 mm voor de ulnaire m. interosseus (traject 3-4:  $r_{imf} = 6$ ,  $r_{iumf} = 10$ ).

De geconstrueerde ab/adductie-assen liggen in de rechterhand radiaal en proximaal en in de linkerhand radiaal en distaal van het centrum van het gewrichtskopje.

De middelloodlijnen snijden elkaar niet in één punt. De bij de ulnaire deviatie behorende endorotatie is duidelijk, met uitzondering van dIV, hand VI, waar een exorotatie optreedt. De afstanden der pezen tot de gewrichtsas geven in de pathologische vingers informatie over de werking van de buig- en strekpezen. De m. extensor digitorum communis kan de wijsvinger nog abducen; hij devieert de andere vingers bij contractie naar ulnair; hij heeft een naar ulnair toenemende afstand tot de respectievelijke gewrichtsassen.

De vingerbuigers devieëren de wijs-, de middel- en de ringvinger naar ulnair, de pink naar radiaal. Door de radiale ligging der abductie-assen liggen de radiale interosseuspezen ulnair van de assen bij de beide middelvingers. Contractie van de radiale m. interosseus zal op grond van de gewrichtsbouw toch een radiale i.p.v. een ulnaire beweging van de vinger tot gevolg hebben.

Van de ulnair gedeveerde vingers vertonen de pip. gewrichten in de zijdelingse röntgenfoto's een hyperextensie als beginstand (zie tabel VIII.8) en enige dorsale subluxatie van de middenphalanges. De liggingen van de flexie-assen komen overeen met die van de normale vingers.

De afstanden der pezen tot deze gewrichtsassen zijn vermeld in tabel VIII.7, evenals de straal der omschreven cirkels van de projectie van de kop van de proximale phalanx.

Het middelpunt van de omschreven cirkel komt bij iedere proximale phalanx overeen met de gewrichtsas. De stralen zijn in de normale en pathologische wijsvingers even groot. In de drie ulnaire vingers van de pathologische handen zijn zij 1 mm kleiner dan in de normale (vergelijk tabel VIII.7 en tabel V.15). De afstanden van de strekpezen tot de gewrichtsassen zijn vrijwel gelijk aan het gemiddelde der vier gezonde handen, al is hun afname van de afstand tijdens flexie groter door de overgestrekte uitgangsstand van het pip. gewricht. De afstanden van de buigpezen tot de gewrichtsas zijn in de vier vingers abnormaal klein, maar vertonen normale onderlinge verhoudingen. De toenamen van hun afstanden met de graad van flexie zijn voor de drie radiale vingers gelijk en even groot als die voor normale handen, maar is in de pink 3 mm groter. De afstanden van de radiale interossei tot de pip. flexieas zijn sterk afgenomen t.o.v. normaal. De relatieve afname per graad van flexie is gemiddeld toegenomen. De ulnaire mm. interossei liggen gemiddeld 4 mm meer dorsaal in de pathologische handen dan in de normale handen.

De afname bij flexie bedraagt gemiddeld 1 mm meer. De totale afname bij flexie is in verhouding tot de uitgangswaarden kleiner dan in de normale hand. De dip. gewrichten vertonen op de röntgenfoto's geen structurele afwijkingen. Wel is hun





Foto VIII.7. Constructie van de mp. flexie-as in de ulnair gedeveeerde vinger.

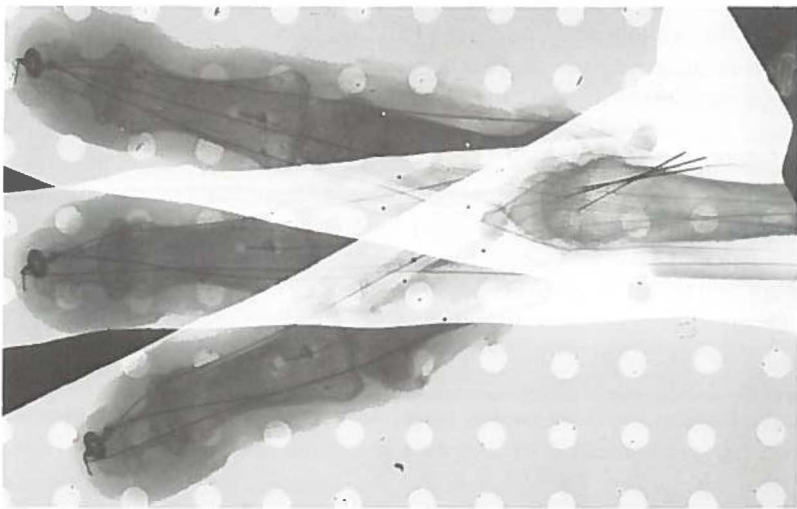


Foto VIII.8. Constructie van de mp. ab/adductie-as in de ulnair gedeveeerde vinger.



Foto VIII.9. Constructie van de pip. gewrichts-as in de ulnair gedeveeerde vinger.

maximale flexie in alle vingers, onafhankelijk van de stand van het pip. gewricht, omstreeks  $45^\circ$  geblokkeerd (zie tabel VIII.12).

Wanneer de afstanden van de pezen der mm. interossei en van de m. flexor digitorum profundus tot de dip. gewrichtsas berekend worden met behulp van de verhouding 3.5:5 uit de gemeten som van beide waarden (zie tabel VIII.13) dan blijken deze afstanden wat betreft de  $r_{iod}$  1 mm groter te zijn dan in de normale handen.

Uiteraard kan dit erop wijzen dat de normale afstandsverhouding voor pathologische handen niet geldt; ook kan de afwijking zijn veroorzaakt door de geflexeerde stand, waarin de som der beide waarden werd gemeten;  $r_{fpd}$  is door deze flexiestand waarschijnlijk groter dan in gestrekte stand, waardoor de som gemiddeld iets groter uitvalt. De direkt gemeten peesverplaatsingen van de ulnair gedeveeerde vingers kunnen worden vergeleken met de peesverplaatsingen die berekend zijn uit de in de foto's gemeten afstanden. Zie hiervoor tabel VIII.14, 15, 16, 17.

Ter completering van het aantal te meten waarden worden nog de afstanden tussen mp.- en pip. gewrichtsassen ( $l_3$ ) en de pip.- en dip. gewrichtsassen ( $l_4$ ) opgegeven, (zie tabel V.18.1) en de diverse maten der botdelen van de twee pathologische handen (zie tabel VIII.19). De waarden nodig voor het rekenkundig model staan vermeld in tabel V.18 1 en 2.

Tabel VIII.12

*Flexie van het dip. gewricht van de ulnair gedeveierde vingers zoals vastgelegd en gemeten in de zijdelingse röntgenfoto's*

	dII	dIII	dIV	dV	gem.
hand V	16	37	48	39	35
VI	45	52	55	62	54
gem.	31	45	52	51	45

Tabel VIII.13

$r_{id} + r_{fpd}$ , gemeten in de zijdelingse röntgenfoto's van de twee pathologische handen

	dII	dIII	dIV	dV	gem.
hand V	11	13	11	11	12
VI	13	12	10	9	11
gem.	12	13	11	10	12

*Verdeling van  $r_{id} + r_{fpd}$  volgens 3,5:5 (Landsmeer)*

	dII		dIII		dIV		dV		gem.
hand	V	VI	V	VI	V	VI	V	VI	
$r_{id}$	4,5	5	5	5	4,5	4	4,5	4	5
$r_{fpd}$	6,5	6	8	7	6,5	6	6,5	5	6

Tabel VIII.14

*Ab/adductiehoeken van het m.p. gewricht van de ulnair gedeveeerde vingers*

	dII		dIII		dIV		dV		
hand	V	VI	V	VI	V	VI	V	VI	gem.
δ1	3u	6r	15r	8r	20r	13r	7r	14r	10r
δ2	27u	26u	17u	11u	8u	20u	17u	21u	18u
δ3	47u	54u	28u	32u	30u	38u	43u	33u	38u
δ3-δ1	44	60	43	40	50	51	50	47	48
δ gem.	52		42		51		49		48

### VIII.3 Bevindingen aan het preparaat

Er bestaat naast een ulnaire deviatie een dwangstand in flexie t.g.v. schrompeling en een palmaire subluxatie.

Het mp. gewricht is in het traject dat de contractuur toelaat soepel beweeglijk. De maximale flexiehoek is groter dan in niet-pathologisch kadavermateriaal, zoals uit de röntgenfoto's duidelijk blijkt.

De extensiemogelijkheid is beperkt. De oorzaak van deze extensiebeperking blijkt, als wordt geprobeerd bij zover mogelijk gestrekt mp. gewricht het pip. gewricht te buigen. Dit is dan niet mogelijk. Indien het mp. gewricht wordt gebogen, dan is het mogelijk tevens het pip. gewricht te buigen (foto VIII.10 en 11). Het dip. gewricht blijft bij maximaal gestrekt mp. en pip. gewricht in enkele gevallen maximaal geflexeerd.

Deze combinatie van standsafwijkingen in het preparaat is identiek met wat in de kliniek bekend is als de „intrinsic plus deformity” (*Huffstadt*, 1969, p. 206–209). Het anatomische substraat van deze van elkaar afhankelijke buigingen is de door schrompeling veroorzaakte *verkorting* van de mm. interossei. De mm. interossei zijn zo sterk verkort dat zij als buigers van het mp. gewricht een extensiebeperking tot gevolg hebben. Indien het mp. gewricht maximaal wordt gestrekt, is de spierpees-eenheid maximaal verlengd en zal géén pip. flexie mogelijk zijn. Wordt het mp. gewricht nu enigszins gebogen, dan blijkt de flexie-beperking in het pip. gewricht te worden opgeheven.

Extensie in het mp. gewricht vanuit geflexeerde mp.- en pip. gewrichten strekt het pip. gewricht. De verkorte mm. interossei hebben dus dezelfde werking op het mp. en pip. gewricht als het ligamentum obliquum op het pip.- en dip. gewricht. Dit betekent, dat in die gevallen het pip. gewricht gestrekt wordt door de mediale interos-

Tabel IX.15

*Vergelijking* van de voor de ulnair gedeveerde m.p. gewrichten gemiddelde gemeten waarden van de peesverplaatsingen bij flexie (t) en de berekende peesverplaatsing

	dII				dIII				dIV				dV			
	e	f	r	u	e	f	r	u	e	f	r	u	e	f	r	u
t (gemeten)	6d	12p	11p	4p	6d	10p	8p	7p	5d	9p	7p	9p	1d	12p	4p	12p
t (berekend)	3	14	15	5	4	13	11	7	8	12	9	10	0	13	5	13
r (gemeten)	4	18	20	7	5	18	15	10	11	16	12	13	0	12	5	12
$\gamma$ gem.	44				42				42				63			

Tabel VIII.16

*Vergelijking van de voor de ulnair gedeveeerde mp. gewrichten gemiddelde gemeten waarden van de peesverplaatsingen (t) bij de overgang van radiale naar ulnaire deviatie en de berekende peesverplaatsingen*

	dII				dIII				dIV				dV			
	e	f	r	u	e	f	r	u	e	f	r	u	e	f	r	u
t (gemeten)	4d	8p	1p	7p	2d	5p	1d	5p	1p	2p	2d	6p	7p	2d	5d	8p
t (berekend)	3	10	0	10	4	5	4	3	5	4	1	9	7	2	6	8
r (gemeten)	3	11	0	11	5	7	6	4	6	5	1	10	8	2	7	9
$\delta$ gem.	52				42				51				49			

Tabel VIII.17

*Vergelijking van de voor de ulnair gedeveerde pip. gewrichten gemiddelde gemeten waarden van de peesverplaatsingen en de berekende peesverplaatsingen*

	dII				dIII				dIV				dV			
	e	f	r	u	e	f	r	u	e	f	r	u	e	f	r	u
t (gemeten)	7d	9p	1d	1d	7d	8p	3d	1d	6d	7p	1d	0	5d	6p	1d	1p
t (berekend)	7	13	3	6	8	12	2	5	7	10	1	4	6	9	2	8
r (gemeten)	4	8	2	4	5	8	1	3	5	7	1	3	4	6	1	5
$\beta$ gem.		91				86				78				90		

Tabel VIII.18

*Afstanden van de mp.- tot de pip.- (1) en van de pip.- tot de dip.-gewrichts-assen (2) in de ulnair gedeveerde vingers*

	dII		dIII		dIV		dV	
hand	(1)	(2)	(1)	(2)	(1)	(2)	(1)	(2)
V	44	27	47	29	46	27	38	21
VI	45	26	47	30	45	27	36	20

seusband. Dit is mogelijk bij een afwijking van het werkingsmechanisme van het l.o. en een verlenging van het stuk interosseuspees distaal van de afsplitsing van de m.i.b. Meestal strekken pip.- en dip. gewricht zich simultaan; het dip. gewricht echter niet maximaal.

Deze pathologische starre verkorting van de mm. interossei heeft een groot aantal functionele consequenties. Zo zal het mp. gewricht een flexiecontractuur vertonen, die toeneemt naar mate de pathologische verkorting verergert. Bij flexie van het pip.- en/of dip. gewricht wordt zoals we boven gezien hebben de buigingshoek van het mp. gewricht groter. Extensie in de twee distale vingergewrichten doet de extensiemogelijkheid in het mp. gewricht toenemen. *Overstrekking* in het mp. gewricht, actief of passief, zal de ip. gewrichten tevens overstrekken, zoals op de röntgenfoto's werd waargenomen.

Bovenstaande consequenties betreffen bewegingen in het sagittale vlak. Een radiale deviatie heeft tot gevolg dat de radiale m. interosseus zich ontspant, de ulnaire m. interosseus zich spant en de vinger flexeert en exoroteert in het mp. gewricht. Een ulnaire deviatie heeft een ontspanning van de ulnaire m. interosseus tot gevolg, naast een aanspannen van de radiale m. interosseus, die dan tevens de vinger flexeert en endoroteert in het mp. gewricht. Deze endorotatie werd in de röntgenfoto's waargenomen. De exorotatie bij radiale deviatie en de endorotatie bij ulnaire deviatie van deze pathologische vingers is tegengesteld aan de normale rotatie die optreedt bij abductie-adductie bewegingen. Extensie van het mp. gewricht dat zich in radiale deviatie bevindt, zal een ulnair deviërend moment en versterking van de exorotatie veroorzaken. Extensie van het mp. gewricht in ulnaire deviatiestand zal een deviërend moment en sterkere endorotatie tot gevolg hebben.

De wijsvinger neemt een aparte plaats in, door de afwezigheid van een wing insertie van de m. interosseus dorsalis I en doordat het moeilijk is aan te tonen of de m. lumbricalis I evenals de mm. interossei in een starre verkorte toestand verkeert. Indien wordt aangenomen dat deze verkorting aanwezig is, dan zal dit tot gevolg



Tabel VIII.19

*Diverse maten van de ulnair gedeveeerde vingers*

		proximale phalanx							middenphalanx							eindphalanx						
var.		1	2	3	4	5'	6	7	1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	5	6	7
V	dII	41	7	9	13	17	7	13	23	6	8	10	14	6	11	17	5	5	7	11	3	8
	dIII	40	7	10	13	17	8	13	28	6	8	10	15	7	12	18	4	6	7	12	4	8
	dIV	41	6	10	12	15	8	12	26	5	8	9	14	6	11	18	4	6	7	10	4	7
	dV	33	6	9	11	15	8	11	19	4	7	8	12	6	9	16	4	4	7	9	4	6
VI	dII	41	7	9	14	17	7	13	24	6	8	10	14	6	11	17	4	5	7	11	3	8
	dIII	40	8	10	14	17	7	13	28	5	9	10	15	6	12	18	4	5	7	11	4	8
	dIV	41	6	9	12	15	7	12	26	5	8	9	13	5	10	17	3	5	7	10	3	7
	dV	32	6	8	11	15	7	10	19	5	7	8	11	5	9	16	3	4	6	8	3	6

hebben, dat het pip.- en het dip. gewricht kunnen worden overstrekt door òf een proximale verplaatsing van de m. flexor digitorum profundus òf door een proximale verplaatsing van de extensor assembly (dit geldt voor alle vingers). Flexie van het mp. gewricht heeft een proximale verplaatsing van de diepe buigpees en dus van de m. lumbricalis tot gevolg. Flexie in het pip. gewricht zal tevens het mp. gewricht flexeren. Indien het mp. gewricht in maximale flexie staat, zal bij flexie van het pip. gewricht het dip. gewricht overstrekken. Buiging van het dip. gewricht zal bij maximaal gebogen mp. gewricht het pip. gewricht strekken. De m. lumbricalis I wordt buiten beschouwing gelaten, wat gezien zijn spiervolume geoorloofd lijkt. Het effect van schrompeling van de mm. interossei dorsales I op beide wijsvingers wordt nu bekeken. Daar deze spier meestal geen wing insertie heeft, treedt bij flexie in het pip. gewricht een mechanisme in werking, dat ulnaire deviatie tot gevolg zal hebben. Flexie van het pip. gewricht heeft tot gevolg, dat de m. interosseus palmaris I (aan de ulnaire zijde van de wijsvinger) wordt aangespannen. Dit heeft tot gevolg, dat het dip. gewricht gestrekt èn/òf het mp. gewricht gebogen en naar ulnair kan worden gedeveerd. Of de ulnaire deviatie optreedt, hangt af van de verkorting van de m. interosseus palmaris I en van de positie van de andere vingergewrichten. Wordt het pip. gewricht gebogen bij reeds gebogen mp. gewricht en gestrekt dip. gewricht, en is de pees in deze stand der gewrichten effectief te kort, dan zal het mp. gewricht naar ulnair moeten deviëren t.g.v. de verhoogde spanning in de pees.

Deze ulnaire deviatie wordt immers niet gecompenseerd door een radiaal gerichte tractie van de m. interosseus radialis I, daar deze geen wing insertie heeft en dus bij pip. flexie niet wordt aangespannen. Bovenstaande redenering geldt overigens voor alle vingers, waar de radiale m. interosseus geen wing insertie heeft, terwijl de ulnaire deze wel bezit. Een radiale deviatie krijgen we logischerwijze indien de radiale m. interosseus wèl, en de ulnaire niet in de wing van de extensor assembly insereert. Bij een beiderzijds aanwezige wing insertie treedt in principe geen deviatie op, tenzij door de schrompeling der mm. interossei een asymmetrisch tractie-patroon optreedt.

Bij maximale flexie van de ip.- en bij maximale extensie van het mp. gewricht werden (subjectief) de spanningen in de mm. interossei nagegaan. Deze spanning was afwezig in de m. interosseus radialis I. De spanningen in de palmaire mm. interossei waren voelbaar.

Tijdens het laatste stadium van het onderzoek, de anatomische ontleding van de preparaten, werd het effect nagegaan van doorsnijding van de ulnaire m. interosseus van de wijsvinger en van doorsnijding van de radiale en later van de ulnaire m. interosseus van de middelvinger (foto's VIII.12 en 13). In het eerste geval zijn volledige extensie van het mp.- en flexie van de ip. gewrichten mogelijk, in het tweede geval is dit pas mogelijk na doorsnijding van beide mm. interossei.

Normale hyperextensie van de wijsvinger is pas mogelijk na doorsnijding van de m. interosseus dorsalis I.

Bij het strekken der ip. gewrichten was het nu tevens mogelijk de eerder niet redresseerbare palmaire sublaxatie op te heffen. Blijkbaar heeft een schrompeling van



Foto VIII.10. Zijaanzicht van de ulnair gedevieerde wijsvinger, maximale extensie der vingergewrichten.

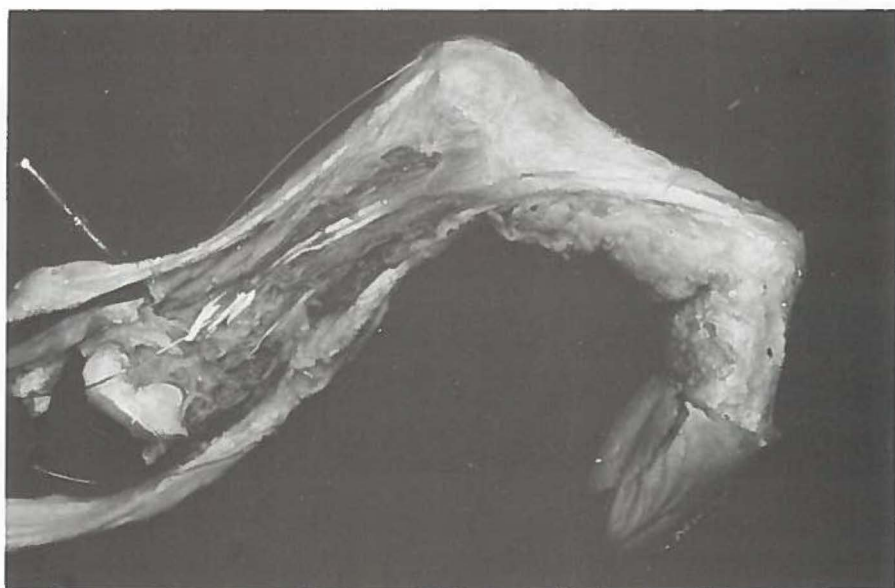


Foto VIII.11. Idem, bij ip. flexie en maximale mp. extensie.



Foto VIII.12. Normale stand der wijsvingergewrichten, mogelijk gemaakt door doorsnijding der beide mm. interosseï, van ulnair.



Foto VIII.13. Idem, van radiaal (vanwege de phalangeale insertie een geringere spatie tussen de beide spierbuik-helften, dan bij de ulnaire m. interosseus).

de intrinsieke handspiertjes, beiderzijds werkend via de lamina triangularis een palmarluxerend effect. Tevens kan het mp. gewricht nu abnormaal worden overstrekt. Opvallend is ook dat na doorsnijding van de mm. interossei bij het gestrekte mp. gewricht sterke radiale en ulnaire deviaties in dit gewricht mogelijk zijn. De optredende endorotatie bij ulnaire deviatie is verdwenen en de normale exorotatie treedt nu op. Bij 90° flexie van het mp. gewricht is de zijdelingse stabiliteit normaal. Dit wil zeggen, dat de metacarpophalangeale ligamenten in deze stand van het mp. gewricht hun (normale) ab- en adductieremmende werking uitoefenen. De vergrote ulnaire en radiale deviatie bij gestrekt mp. gewricht wordt veroorzaakt door te slappe metacarpoglenoïdale ligamenten, die in deze stand de stabiliteit verzorgen. In deze stand zijn de metacarpophalangeale ligamenten, ook in gezonde handen, ontspannen (foto IV.3 en 4 en VIII.14 en 15).

In 90° gebogen mp. gewricht wordt normaliter de stabiliteit verzorgd door de metacarpophalangeale ligamenten, daar in deze stand de metacarpoglenoïdale ligamenten ontspannen zijn. Daar in de twee pathologische vingers deze stabiliteit behouden is, moet worden geconcludeerd, dat de metacarpophalangeale ligamenten onveranderd zijn; de metacarpoglenoïdale zijn uitgerekt (zie ook het hoofdstuk over de normale functionele anatomie).

Een tweede, waarschijnlijk tevens meespelende, oorzaak van de vergrote ulnaire deviatiemogelijkheid bij gestrekt mp. gewricht is de radiale afplatting van het caput ossis metacarpalis. Hierdoor kunnen de metacarpophalangeale en/of metacarpoglenoïdale ligamenten bij ulnaire deviatie naar ulnair verschuiven. Dit heeft tot gevolg, dat hun functionele lengte vergroot (foto VIII.16 en 17). Bij verdere anatomische preparatie kunnen de collaterale ligamenten worden geïnspecteerd. De ulnaire metacarpophalangeale en metacarpoglenoïdale ligamenten hebben een normale ligging en vorm. De radiale ligamenten zijn sterk uitgerekt en afgeplat (foto VIII.14, 16 en 17).

Bij flexie in het mp. gewricht doet de sterkere ulnaire deviatie enige ruimte ontstaan in de ulnaire ligamenten, zolang niet volledig wordt geflexeerd. De vinger in de gestrekte middenpositie geeft een normaal beeld van de ulnaire ligamenten, maar met plooivorming van de radiale ligamenten. Deze plooiing neemt sterk toe bij radiale deviatie.

Het naar distaal trekken van de proximale phalanx t.o.v. het os metacarpale is over groter afstand mogelijk dan in normale vingers (foto VIII.18 en 21).

#### **VIII.4 Macroscopische anatomie van de ulnair gedeveerde vingers**

Wellicht de meest treffende macroscopische anatomische bevinding is het karakter van het peesachtige weefsel, als pezen, ligamenten, de lamina transversa, het onderhuidsbindweefsel. Dit is, in tegenstelling tot in normale handen, in de preparaten enigszins melkkleurig, weinig elastisch, droog en gemakkelijk scheur- en rafelbaar. De typische eigenschappen van gefixeerd peesweefsel, de behouden elasticiteit en



Foto VIII.14. Ontspannen ulnair metacarpophalangeaal ligament en gespannen ulnair metacarpoglenoïdaal ligament van de ulnair gedeveerde wijsvinger bij extensie.



Foto VIII.15. Gespannen ulnair metacarpophalangeaal ligament en ontspannen ulnair metacarpophalangeaal ligament van de ulnair gedeveerde wijsvinger bij flexie.



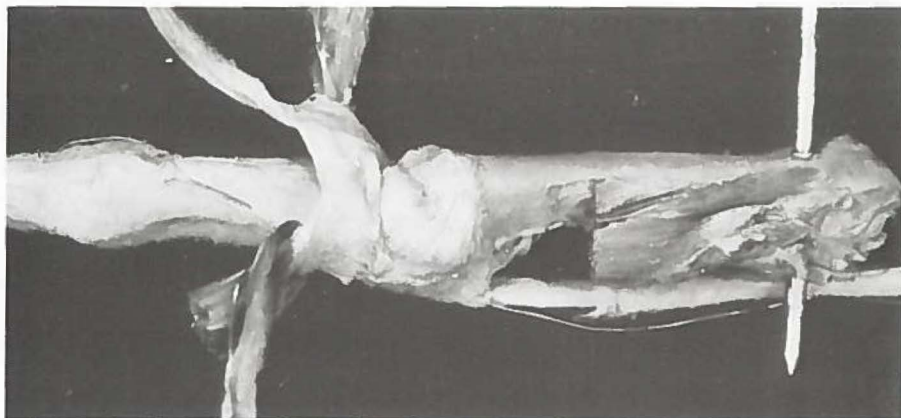


Foto VIII.16. Sterke plooivorming van de radiale collaterale ligamenten van de ulnair gedeveerde wijsvinger in gestrekte stand, dorsaal meer uitgesproken dan pal-mair.

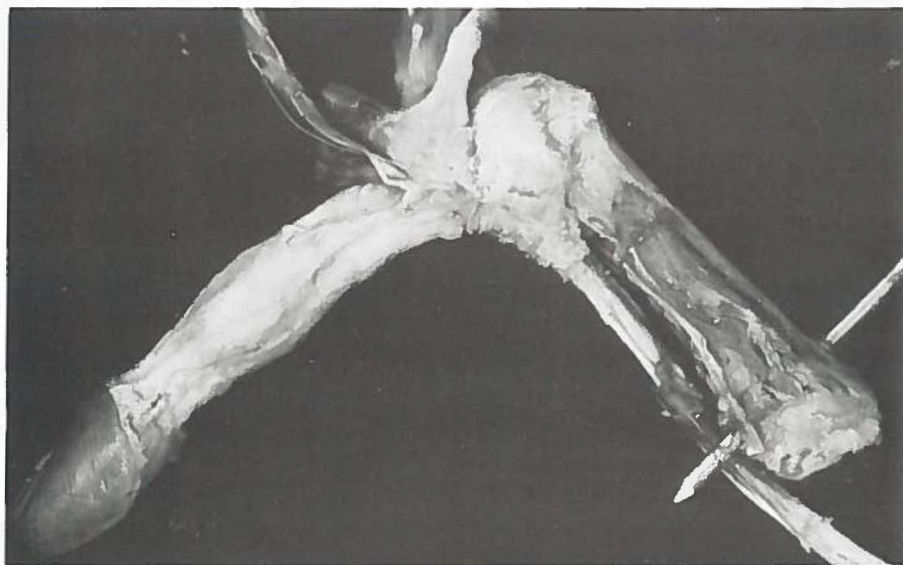


Foto VIII.17. Idem, in gebogen stand, palmail meer uitgesproken dan dorsaal.

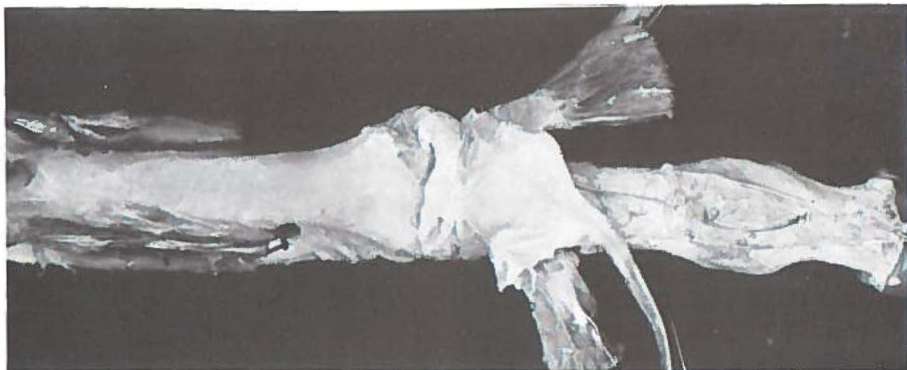


Foto VIII.18. Plooivorming in het radiale kapseldeel bij gestrekte vinger.



Foto VIII.19. Uitgesproken ulnaire deviatie van de pathologische vinger, met sterke plooivorming van het radiale kapseldeel.

integriteit zijn verloren gegaan. Het is niet onmogelijk dat tenminste een deel van de zojuist beschreven verschijnselen veroorzaakt kan zijn door een te late fixatie van het materiaal. De spieren, zenuwen en vaten bieden geen andere aanblik dan normaal, hoewel de scheiding van spierfascie en spierweefsel der intrinsieke handspieren niet gemakkelijk is. De intrinsieke handspiertjes voelen taaier aan. De aanhechting van de m. extensor digitorum communis pees aan de basis van de proximale phalanx, via de aan zijn onderoppervlak en zijkanten verbonden lamina transversa bleek intact. De aanhechting van de ophanging van de buigpeeschede aan de proximale phalanx is eveneens onveranderd. Wel is de verbinding van deze schede aan het os metacarpale via de volar plate en de collaterale ligamenten losser. De veranderde





Foto VIII.20. Normale radiale deviatie van de pathologische vinger, met sterke plooivorming van het radiale kapseldeel.

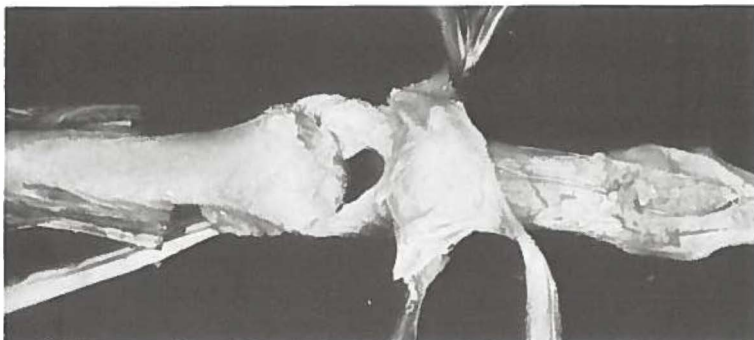


Foto VIII.21. Distale verplaatsingsmogelijkheid van de ulnair gedeveerde vinger t.o.v. zijn os metacarpale, dorsaal aanzicht.

anatomie van de collaterale ligamenten is reeds beschreven. De schuine ligging der collaterale ligamenten t.o.v. de lengte-as is in de gestrekte vinger niet veranderd. Van de rechter afwijkende hand zijn de wijs- en middelvinger geprepareerd en fotografisch vastgelegd, van de linker de ringvinger en pink, tot op het niveau van de collaterale ligamenten. Na verwijdering van het dorsale kapseldeel was het mogelijk het gewrichtskraakbeen te onderzoeken. Dit bleek in dikte te zijn afgenomen en op sommige plaatsen geheel te zijn verdwenen. De samenhang tussen de volar plate en de metacarpoglenoïdale ligamenten lijkt losser, maar dit is moeilijk te objectiveren. De abnormale hyperextensie doet een verlenging van de metacarpoglenoïdale ligamenten en/of van dwarse verbindingen tussen hen veronderstellen.

### VIII.5 Metrische bevindingen

In fig. VIII.1 wordt grafisch de samenhang tussen  $\alpha$  en  $\beta$  weergegeven. Uit vergelijking van deze figuur met figuur VII.1 blijkt dat de toename van  $\beta$  t.o.v.  $\alpha$  sterker is in ulnair gedeveerde vingers. Indien  $\alpha$  groter wordt dan  $30^\circ$  dan vermindert  $\beta$  (in

normale vingers vinden we een toename).

Bij de ulnair gedeveerde vingers kan het dip. gewricht zich onafhankelijk van het pip. gewricht opstellen. Het is meestal geflexeerd.

Dit is slechts mogelijk als het ligamentum obliquum niet functioneert, b.v. doordat het uitgerekt is. Dat de waarde van  $\beta$  theoretisch zo snel kan oplopen kan veroorzaakt worden door b.v. een geringe waarde van  $r_{iod}$  of een te grote waarde voor  $r_{ep}$ . De waarde van  $a$  is, vergeleken met normale vingers, in alle vingers te laag. Dit wijst op een proximale verplaatsing van de pip. gewrichtsas.

Tekening VIII.2 geeft de theoretische samenhang tussen de hoeken van het pip.- en het dip. gewricht in vinger II, hand VI.

De berekende afstanden van de interosseuspezen tot de pip. gewrichtsas zijn slechts bij lage waarden van  $\alpha$  te berekenen ( $\alpha \leq 30^\circ$ ). In het traject van  $\alpha = 0^\circ$  tot  $\alpha = 15^\circ$  nemen de genoemde afstanden o.h.a. snel af; in de weinige gevallen waarin de afstanden tot  $\alpha = 30^\circ$  konden worden berekend, nemen zij over dit laatste deel van het traject weer toe.

De peesverplaatsingen van de pezen der pathologische handen in relatie tot  $\alpha$  zijn weergegeven in fig. VIII.3 (linker wijsvinger). Door de berekende waarden van  $\beta$  is het verloop der verplaatsing anders dan in normale vingers (fig. VII.4). Indien  $\alpha$  groter wordt dan  $60^\circ$  nemen de peesverplaatsingen af in plaats van toe, doordat  $\beta$  afneemt. Uit de berekeningen en constructies is gebleken dat de samenhangen tussen de buigingshoeken van het dip.- en pip. gewricht en de interosseus afstanden tot de pip. gewrichtsas een zeer delicaat geheel vormen. Kleine veranderingen in de waarden kunnen tot sterk afwijkende resultaten leiden. In de pathologische handen kunnen normale bewegingspatronen op grond van de besproken mechanismen van ligamenten en pezen vrijwel niet worden verwacht.

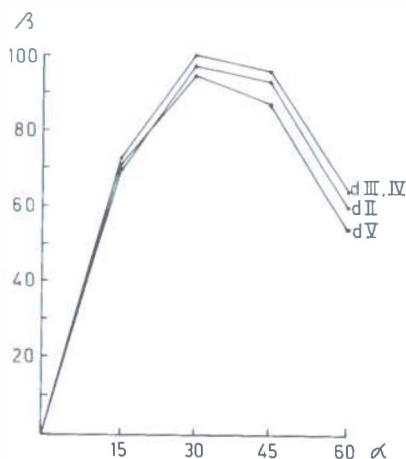


Fig. VIII.1 Samenhang van de dip. buigingshoek  $\alpha$  met de pip. buigingshoek  $\beta$  in de ulnair gedeveerde vingers.

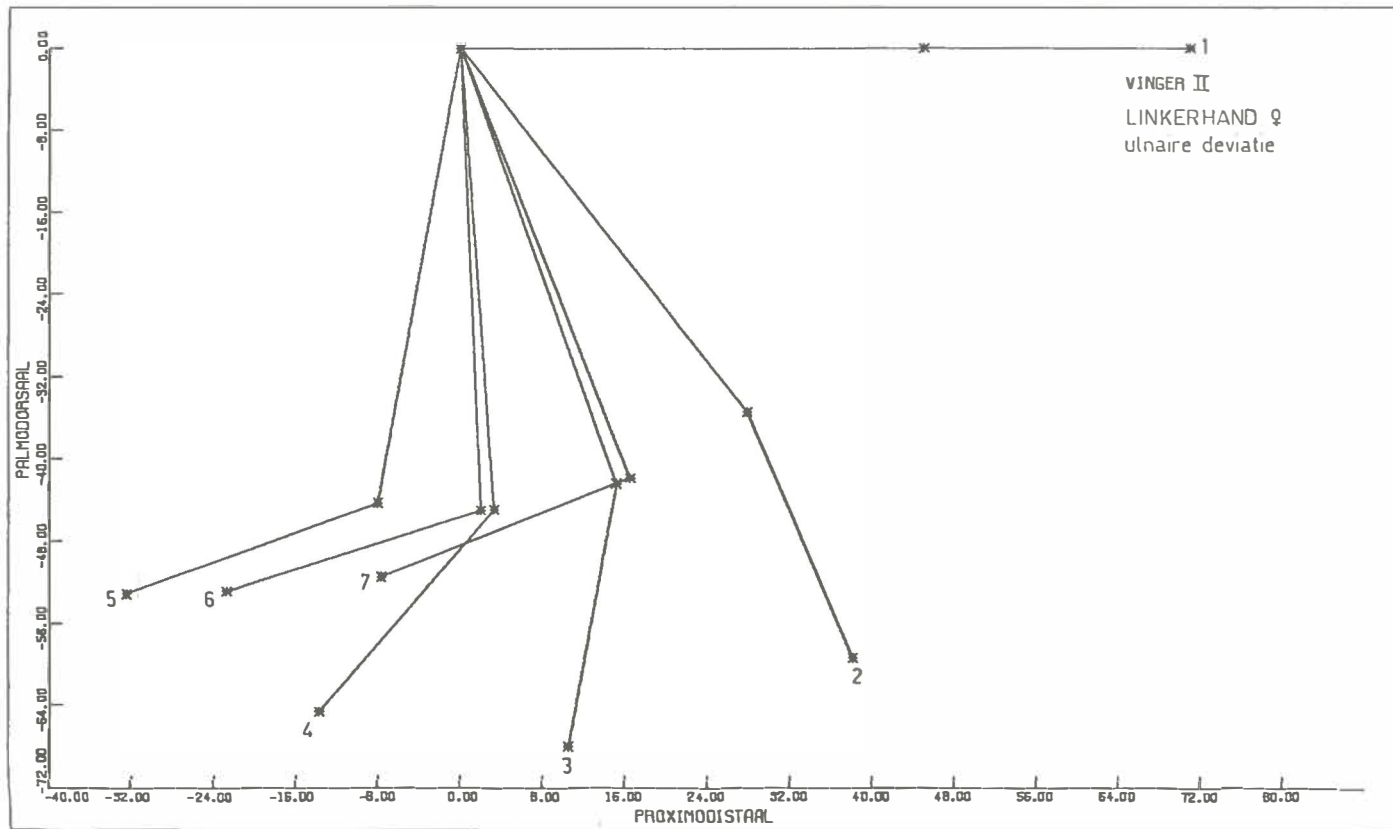


Fig. VIII.2 Tekening van de standen der lengte-assen van eind- en middenkootje van de linker pathologische wijsvinger voor de verschillende waarden van  $\alpha$  en  $\beta$ .

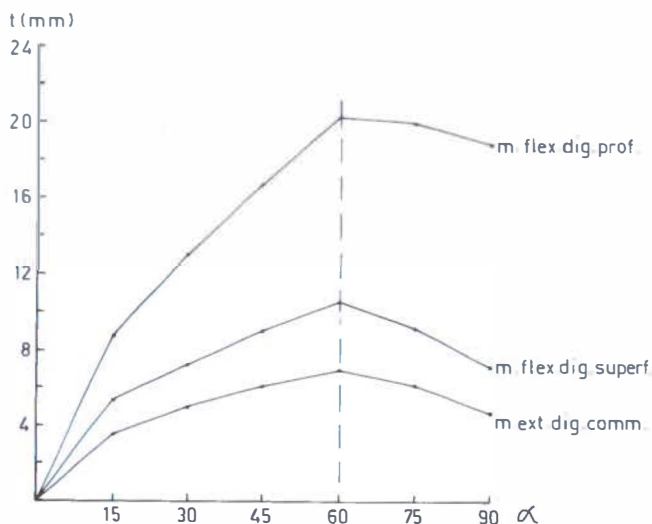


Fig. VIII.3 Verplaatsingen der vingerpezen bij pip. en dip. flexie van hand V, vinger II, uitgezet tegen  $\alpha$ .

### VIII.6 Literatuur overzicht

Daar het onmogelijk is alle publicaties over de ulnaire deviatie te bespreken, is dit overzicht beperkt tot literatuur die na 1949 is verschenen. Bovendien werd een selectie toegepast in verband met het eigen onderzoek.

*Small* (1950) beschrijft als afwijkingen die achtereenvolgens optreden: een lichte flexie in de metacarpophalangeale gewrichten, atrofie van de intrinsieke handspieren, ulnaire deviatie van de vingers, hyperextensie van het proximale interphalangeale gewricht. De vingers devieren naar ulnair door een „muscle imbalance” tussen de lange buigers en de strekkers.

*Snorrason* (1951) neemt een atrofie en een schrompeling der kleine handspieren waar. Beiden zouden worden veroorzaakt door een „reflex-spasme” t.g.v. de pijn van de gewrichtsaandoening. Tijdens bedrust zou de hand een zodanige positie hebben, dat de zwaartekracht een ulnaire deviatie zou veroorzaken. Een andere oorzaak van de ulnaire deviatie is volgens *Snorrason* het naar ulnair afglijden der lange strekpezen ter hoogte van de mp. gewrichten.

*Fearnley* (1951) kan zich niet verenigen met de opvatting dat de zwaartekracht en de spieratrofie oorzaken van de ulnaire deviatie zouden zijn. Hij veronderstelt dat een door pijn veroorzaakt onjuist handgebruik (de sleutelgreep i.p.v. de pincetgreep), gecombineerd met vergrote beweeglijkheid in de mp. gewrichten de u.d. tot gevolg hebben. Bovendien zal na verzwakking van de collaterale ligamenten van de pink deze als steunpilaar voor de andere vingers wegvallen. In zijn samenvatting zegt hij dat het onjuiste handgebruik wordt bepaald door de onmogelijkheid in de pip. gewrichten te buigen.

*Lush* (1952) vergelijkt reumatoïde artritis patiënten zonder en met ulnaire deviatie.

Hij concludeert dat het onwaarschijnlijk is dat de fibrose der kleine handspieren of bepaalde afwijkende anatomische verhoudingen der mp. gewrichten als primaire oorzaken van de u.d. moeten worden beschouwd. De ulnaire deviatie zou volgens deze auteur een gevolg zijn van verkeerd gebruik van de hand, veroorzaakt door een verstoord „lichaamsbeeld” bij de patiënt. Als oorzaak van deze verstoring moeten pijn en weefselbeschadiging worden aangemerkt.

*Vainio* en *Oka* (1953, 1954) onderzochten 292 patiënten met reumatoïde artritis. Bij 21,2% van hen komt een ulnaire deviatie voor. Bij deze laatsten was gemiddeld de leeftijd hoger en de duur van de symptomen langer dan bij de patiënten zonder u.d. De auteurs stellen vast dat de u.d. begint met zwelling en vergrote beweeglijkheid in de mp. gewrichten. Daar de bezigheden van alle dag voor de vingers een ulnair gericht moment hebben, is het begrijpelijk dat de radiale kapseldelen uitrekken en een ulnaire deviatie volgt.

*Bunnel* (1955) werd door ervaringen met de contractuur van Volkmann op de veronderstelling gebracht dat schrompeling van de intrinsieke handspieren, de mp. gewrichten in flexiestanden de pip. gewrichten in extensiestand trekt. Deze schrompeling wordt voorafgegaan door spasmen. De flexiecontractuur verhoogt de spanning in de lange extensoren, die daardoor naar ulnair afglijden en dan ulnair deviërend zullen werken.

*Brewerton* (1957) onderzocht 300 patiënten met reumatoïde artritis. 27% van hen vertoonde enkel- of beiderzijds een u.d. in de vingers; 35% leed tevens onder een flexiebeperking van de pip. gewrichten. Opmerkelijk was dat in de eerste 5-jaars periode van de ziekte 9% der patiënten, later 43%, u.d. heeft ontwikkeld. Als mogelijke oorzaken van de ulnaire deviatie worden door de auteur dislocatie van de strekpezen en schrompeling der intrinsieke handspieren aangenomen.

*Backdahl* en *Myrin* (1961) weten de ulnaire deviatie aan een verzwakking van de collaterale mp. ligamenten, met als gevolg dat nog slechts de spieren een stabiliserende werking op deze gewrichten kunnen hebben. De stabilisering is echter op den duur onvoldoende. De ulnaire deviatie is dan een gevolg van het normale gebruik van de hand.

*Smith* et al. (1964, 1966) veronderstelden, dat de bij reumatoïde artritis voorkomende vervorming van de drie centrale mp. gewrichten een gevolg is van beschadiging der gewrichtsstabiliserende structuren.

De kracht in de buigpezen wordt via de flexorpeesschede op de „volar plate” overgebracht, die deze kracht overbrengt op het metacarpoglenoïdale ligament, dat ontspringt aan het caput ossis metacarpalis. Als het metacarpoglenoïdale ligament uitrekt, betekent dit, dat de buigpees zijn kracht uitoefent op de basis van de proximale phalanx. Palmaire subluxatie zal optreden door de verslapping van het metacarpoglenoïdale ligament. Door de naar ulnair gerichte stompe hoek, die de flexorpezen met de lengte-as van de vinger maken, zal bij verslapping van het metacarpophalangeale ligament de flexorpeesschede niet alleen naar ventraal, maar ook naar ulnair worden verplaatst. Bij actieve flexie is aldus een ulnair deviërend moment aanwezig.

*Martel* (1964, 1965) beschreef radiologische kenmerken aan het skelet bij reumatoïde artritis in hand en pols. Vroeg in de ziekte zouden deze kenmerken niet, later echter wel specifiek zijn. Praedilectieplaatsen zouden de mp.- en de pip. gewrichten zijn, naast de radiocarpale en intercarpale gewrichten. De mp. gewrichten van wijs- en middelvinger worden eerder vaker aangedaan dan de andere vingers. Vaak worden hyperflexie in het dip. gewricht, hyperextensie in het pip. gewricht, u.d. en palmaire subluxatie in het mp. gewricht waargenomen benevens een radiale deviatie in het radiocarpale gewricht.

Boterosie treedt op perifeer van de randen van het gewrichtsoppervlak, waar het kraakbeen in de synovia overgaat en daar waar de collaterale ligamenten ontspringen. Bij het mp. gewricht treedt eerst erosie op van het caput ossis metacarpalis. Deze erosie breidt zich later uit over de gehele kop van het os metacarpale.

*Norgaard* (1965) beschrijft een röntgenologische test om reumatoïde artritis op te sporen. Hiertoe worden röntgenfoto's gemaakt, waarbij de palmaire zijde van de hand een hoek van  $35^{\circ}$  met de plaat maakt. Dorsoradiaal op de basis van de proximale phalanx wordt op de plaats van de aanhechting van het gewrichtskapsel een onduidelijke botcontour gevonden.

*Flatt* (1966) signaleerde verslapping en verlenging van de verankeringsstructuren van de fibreuse peesschede der lange vingerbuigers. Hierdoor wordt de spierkracht op de basis van de proximale phalanx overgebracht i.p.v. op het caput ossis metacarpalis. De verslapping veroorzaakt een palmaire subluxatie van de proximale phalanx, die wordt versterkt door het veranderde aangrijpingspunt van de kracht der mm. flexores.

*Smith en Kaplan* (1967) veronderstelden dat normale anatomische verhoudingen bijdragen tot het ontstaan van de u.d., zoals de asymmetriën van het caput ossis metacarpalis, van de collaterale ligamenten en van de intrinsieke handspieren van de pink. Bij reumatoïde artritis treden osteoporose, corticale erosie, resorptie van subchondraal metacarpaal en phalangeaal bot, desintegratie en rek van de metacarpophalangeale en metacarpoglenoidale ligamenten op. Ten gevolge hiervan wordt de buigpeesschede verplaatst. Dislocatie van de extensorpees en schrompeling van de mm. interossei zouden een ulnaire deviatie en een palmaire subluxatie tot gevolg hebben.

*Hakstian en Tubiana* (1966, 1967, 1969) postuleerden dat de ulnaire deviatie voortkomt uit de normale relaties in en om het mp. gewricht. Klinische waarnemingen wijzen erop, dat een solitaire paralyse van de intrinsieke handspieren of selectieve uitval van de collaterale ligamenten altijd een ulnaire deviatie tot gevolg hebben. Toch heeft capsulotomie, bij intacte intrinsieke spieren, soms een ulnaire deviatie tot gevolg. Dit leidt eveneens tot de opvatting, dat de u.d. een accentuering van een normaal aanwezige tendens is. Daar de auteurs verwachten dat de vorm van het caput ossis metacarpalis en de lengte en de ligging van de collaterale ligamenten verantwoordelijk zijn voor het ontstaan van de u.d., werd een voornamelijk functioneel anatomisch onderzoek uitgevoerd. Daaruit bleek dat flexie van het mp. gewricht wordt beperkt door het dorsale kapsel en extensie door de volar plate. Naar mediaal

en lateraal gerichte bewegingen worden door de collaterale ligamenten beperkt, endorotatie van de vinger gaat gepaard met radiale- en exorotatie met ulnaire deviatie. *Shapiro* (1968) veronderstelde dat radiale rotatie en deviatie van de carpus en van de metacarpalia een ulnaire deviatie in de mp. gewrichten tot gevolg hebben. In de discussie wordt erop gewezen dat het bewijs ontbreekt dat radiale deviatie van de pols altijd u.d. tot gevolg heeft en niet de enige oorzakelijke factor kan zijn.

*Backhouse* (1968) onderzocht de relatie tussen ulnaire deviatie en het functioneren van de intrinsieke handspieren. Hij stelde vast dat de extensor assembly kan scheuren t.g.v. druk van palmair. Deze druk varieert met de spieractiviteit en wordt door het gezwollen synovium en de hydrops opgewekt. De extensor assembly wordt uitgerekt en op zwakke plaatsen doorstulpt met synovia. Dit gebeurt meestal in de lamina triangularis en wel radiaal eerder dan ulnair, door de relatief zwakke dwarse interosseus vezels aldaar. Door het nu radiaal aanwezige synoviale weefsel wordt de extensorpees naar ulnair geduwd. De kracht van de radiale m. interosseus zou dan op de extensor assembly i.p.v. op de proximale phalanx worden overgebracht, zodat hyperextensie van de ip. gewrichten optreedt. De ulnaire m. interossei domineren nu en trekken via hun dwarse vezels de extensorpees naar ulnair. De lange strekker versterkt de ulnaire deviatie maar zal tevens het proximale interphalangeale gewricht strekken, zodat de hyperextensie wordt versterkt.

*Pahle et al.* (1969) bestudeerden 65 patiënten met artrodese van één of twee polsgewrichten en probeerden het effect daarvan na te gaan op de ulnaire deviatie. Dit onderzoek werd verricht naar aanleiding van de studie van *Shapiro* (1968), waaruit bleek, dat ulnaire deviatie samen optreedt met radiale deviatie van de pols. Dit is het zogenaamde zig-zagpatroon.

De resultaten bevestigden het verband tussen de aan elkaar tegengestelde pols en vingerdeviaties. Deze samenhang zou kunnen worden verklaard uit de verschillende hoeken van de buigpezen, ter hoogte van het caput ossis metacarpalis bij ulnaire en radiale deviatie in de pols.

*Brewerton* (1971) ging na, wat de pathologisch-anatomische veranderingen waren in gewrichten, aangedaan door reumatoïde — of experimentele artritis. De reeds veelvuldig beschreven pathologische en anatomische veranderingen in bot, kraakbeen en kapsel worden door de auteur bevestigd.

Ontsteking van de intrinsieke spieren, eerder naar voren gebracht als oorzaak van een ulnair deviërende spasme, wordt wel gevonden, maar is niet constant. Hij kan niet als noodzakelijke voorloper van de schrompeling der intrinsieke spieren worden beschouwd. Deze laatste zou ontstaan t.g.v. de subluxaties, die op hun beurt voortkomen uit de aandoening van kapsel en ligamenten.

*Ellison et al.* (1971) beschreven de destruerende invloed van het ontstoken en uitpuilende synoviaweefsel op de dorsaal, radiaal en palmair van het mp. gewricht gelegen structuren. De stabiliserende werkingen van kapsel, ligamenten en extensor assembly gaan door deze beschadiging verloren. Daar de ulnaire structuren intact blijven, kan ulnaire deviatie optreden door de werking van de ulnaire m. interosseus. Deze trekt dan tevens, via zijn dwarse vezels de lange extensorpees naar ulnair. De



verplaatste extensorpees werkt dan eveneens ulnair deviërend. Synovitis veroorzaakt destructie van het ophangmechanisme van de flexorpeesschede, waardoor deze zich naar ulnair verlegt en daarmee een ulnair deviërende component krijgt.

*Hastings et al.* (1972) onderzochten radiologisch vijftig normale handen, vijftig reuma-handen zonder en vijftig reuma-handen met ulnaire deviatie. De pols toonde vaker een verlies van actieve ulnaire deviatie dan een gedwongen radiale deviatie. Tevens werd opgemerkt, dat de pronerende (normale) hand naar ulnair devieert in het polsgewricht. Dit zou aangeven, dat eerdere studies, die melding maken van een radiale polsdeviatie, in feite aantonen, dat deze pols bij ulnaire deviatie van de vingers niet in staat is bij pronatie van de hand tevens ulnair te deviëren. De essentiële vervorming is een supinatie van de carpus ten opzichte van de radius en wel zodanig, dat de ulnaire carpuszijde naar palmar geluxeed is (carpal supination subluxation).

Ten behoeve van het onderscheid tussen reumatoïde artritis en niet-reumatoïde artritis onderzoeken *Martel et al.* (1973) dertig patiënten met de ene en dertig patiënten met de andere afwijking. Radiologisch werd een duidelijk verschil gevonden tussen beide ziekten; naast een in beide voorkomende versmalling van de gewrichtsspleten, werden alleen bij de reumatische patiënten marginale erosies gevonden aan het caput ossis metacarpalis. Indien het caput ossis metacarpalis aangetast is, dan kan een dergelijke aantasting worden gevonden aan de basis van de proximale phalanx.

*Wise* (1975) bestudeerde nauwkeurig het metacarpophalangeale gewricht bij normale handen en vond een aantal bursae onder de lamina transversa, rond het kapsel en de pezen. Tussen de extensorpees en het kapsel wordt in 87% een bursa gevonden, die in 20% met de gewrichtsholte communiceert. *Wise* concludeerde dat de normaal aanwezige, ulnair deviërende krachten van de buigpezen, samen met de erosies in de laterale recessus van de gewrichtsholten, t.g.v. het reumatische proces, de radiale en ulnaire collaterale ligamenten verweken en de ulnaire deviatie veroorzaken. Dit reumatische proces tast eveneens de lamina transversa aan, zodat de stabiliserende werking op de extensorpees verloren gaat en deze pees afglijdt.

### **VIII.7 Bespreking van de literatuur betreffende ulnaire deviatie**

De door *Backdahl* gesignaleerde algemene verzwakking van kapsel en ligamenten wordt in dit onderzoek door een aantal feiten (b.v. palmaire subluxatie) en macroscopisch anatomisch onderzoek gesteund (zie bevindingen aan het preparaat).

De radiale collaterale ligamenten zijn, zoals *Vainio* vermeldt, verlengd, wat blijkt uit de grotere ulnaire deviatie mogelijkheid. De marginale erosies zoals gevonden door *Martel* en *Norgaard* zijn op de röntgenfoto's duidelijk zichtbaar. De door *Hakstian* en *Tubiana* en door *Smith* en *Kaplan* gesuggereerde samenwerking tussen asymmetrie van het caput ossis metacarpalis en de verschillen in lengte en ligging der collaterale ligamenten en de verweking der ligamenten, die samen de ulnaire deviatie zouden



veroorzaken, is vanwege zijn complexiteit moeilijk bewijsbaar. De deelverschijnselen zijn aanwezig, maar het resultaat hoeft niet noodzakelijk een u.d. te zijn. De asymmetrie is bovendien niet dezelfde in elke vinger.

De door Fearnley vastgestelde toegenomen beweeglijkheid is aanwezig in de twee door ons onderzochte handen. De invloed van de zwaartekracht op deze gewrichten, genoemd als oorzaak van de u.d., is niet of nauwelijks meetbaar. Bovendien is het moeilijk zich voor te stellen, hoe de zwaartekracht tot zulke pathologische afwijkingen zou kunnen leiden.

De door Ellison veronderstelde destructie van de radiale, dorsale en ventrale kapseldelen door uitpuilend synovium als oorzaak van de u.d. wordt in deze onderzochte handen niet gevonden. Evenmin wordt waargenomen dat de insertie van de radiale m. interossei gelaedeerd is; wel zijn de radiale kapseldelen uitgerekt.

De verwachting van Wise, dat door volar-plate destructie de buigpeesligging naar palmar en ulnar wordt verplaatst, met een ulnar deviërend moment tot gevolg, is in overeenstemming met onze bevindingen, met uitzondering van de pink, waarvan de buigpees zijn normale ligging had.

De afwijkingen in de extensor assembly, zoals waargenomen door Vainio en Oka en door Backhouse, bestaande uit door uitpuilende synovia gedestrueerde radiale kapseldelen bij het mp. gewricht waren in beide door ons onderzochte handen niet aanwezig. Wel worden hun waarnemingen van naar ulnar verplaatste strekpezen door ons bevestigd. De door hen voorgestelde overstrekking der pip. gewrichten door de aangespannen radiale m. interosseuspezen t.g.v. dit uitpuilende synovium is niet in overeenstemming met onze waarnemingen.

Atrofie der intrinsieke spieren (Snorrason) is in de door ons bestudeerde handen niet aanwezig. De door Bunnell verwachte contractuur en met het naar ulnar afglijden der lange strekspieren worden in de ulnar gedeveeerde preparaten gevonden. De krachten van de buigspieren op de t.g.v. het reumatisch proces verzwakte gewrichtsstabiliserende structuren zijn volgens Smith verantwoordelijk voor de u.d. Flatt verwacht hetzelfde principe maar neemt bovendien een veranderde ligging der buigpezen aan, wat door ons onderzoek wordt bevestigd.

Shapiro stelt in 1968 de radiale deviatie van het polsgewricht verantwoordelijk voor de u.d. van de mp. gewrichten; Pahle neemt bovendien aan dat hierdoor de hoeken die de buigpezen met de vinger maken, zouden veranderen. De genomen maten in röntgenfoto's van de met staal draad voorziene pezen van de normale en de pathologische handen ondersteunen deze mening niet. Door Shapiro aangetoonde radiale deviatie is niet aanwezig in ons materiaal.

### VIII.8 Enige opmerkingen

De ulnaire deviatie van de vingers in de mp. gewrichten die bij reumatoïde artritis optreedt is onderwerp van veel onderzoek geweest. Uit al deze onderzoeken komt geen eensluidend antwoord op de vraag over de oorzaak van de ulnaire deviatie naar

voren. Ook de onderzoekresultaten die in dit proefschrift zijn gegeven, leiden niet tot een beantwoording van de vraag naar de (primaire) oorzaak van de ulnaire deviatie. Op grond van de volgende beperkingen mag dit niet worden verwacht:

- 1e. De twee onderzochte handen tonen weliswaar een duidelijke ulnaire deviatie maar verkeren door het overlijden van de patiënt in een statische toestand. Hierdoor zijn beschouwingen over de dynamiek in de ulnair gedeveerde vingers niet op hun geldigheid te toetsen.
- 2e. De vraag of de gevonden afwijkingen oorzaak dan wel gevolg zijn van de ulnaire deviatie, kan niet worden beantwoord. Evenmin weten we of de afwijkingen aanwezig waren vóór het ontstaan van de ulnaire deviatie.
- 3e. Het onderzoek betreft slechts *twee* pathologische handen, wat de uitkomsten niet algemeen toepasbaar maakt op *alle* ulnair gedeveerde vingers.
- 4e. De diagnose reumatoïde artritis staat niet vast.

## IX.1 Samenvatting

De hand is een gecompliceerd gebouwd, fijn gestructureerd orgaan. Ook de bouw van de vinger is verre van eenvoudig. Hoewel o.a. door het onderzoek van Landsmeer veel bekend is geworden over vorm en functies van hand en vinger-structuren, bestaan er nog grote hiaten in wetenschappelijk gefundeerde kennis van de hand. In dit proefschrift wordt getracht door middel van nauwgezet morphologisch en metrisch onderzoek bijzonderheden van de bouw der „lange” vingers vast te leggen (de lange vingers zijn de 2e t/m 5e vingers). Door deze metrische analyse en de waarnemingen uit te breiden tot vingers in verschillende standen van buiging der gewrichten, was het ook mogelijk de samenhang tussen morphologie en functie te bestuderen.

Het genoemde nauwgezette morphologische en metrische onderzoek, kon alleen plaatsvinden nadat enkele technieken voor anatomisch onderzoek van de vingers waren ontwikkeld of verfijnd. De toegepaste technieken worden in hoofdstuk IV beschreven. Een belangrijke methode is het in röntgenfoto's van vingers of handen meten van afstanden van pezen tot bewegingsassen. Hiertoe werden waar mogelijk door de centra der pezen nikkelchroomdraden aangebracht. Om de verschillende assen van gewrichten te kunnen vaststellen werden in botdelen bij gewrichten loodbolletjes aangebracht die onder vaste opnameopstelling der röntgen- en fotoapparaatuur, in verschillende standen van buiging, ab- of adductie of rotatie op röntgenfoto's werden vastgelegd (zie foto V.1–3). Door eenvoudige geometrische constructies kon uit de ligging der loodbolletjes in de verschillende standen de ligging der assen worden bepaald. Tevens werd daarbij vastgesteld of een in één vlak optredende beweging in een gewricht als door één as plaatsvindend, kon worden beschouwd. Een groot aantal afstanden van pezen, oorsprongen, aanhechtingen, botlengten, dikten, buigingshoeken enz. werden in tabellen vastgelegd (tabel V. 1–19). De onderzoeksmethoden werden toegepast op beide handen van een vrouw, en beide handen van een man.

Van beide personen van wie deze handen afkomstig waren, was niet bekend dat zij tijdens het leven enigerlei handafwijking hadden bezeten. Deze handen worden daarom in het proefschrift „normale handen” genoemd. Naast de 4 normale handen werden ook nog 2 handen van een vrouw van 80 jaar onderzocht, die duidelijke standsafwijkingen der vingers van de duim af in de middelhand/eerste vingerkootjes gewrichten bezaten (zgn. ulnaire deviatie in het metacarpophalangeale gewricht). Mogelijk zijn deze standsafwijkingen der vingers het gevolg van reumatoïde artritis. De spieren die de vingers bewegen ontspringen in de middelhand of nog meer proximaal. Distaal van de metacarpophalangeale gewrichten worden geen spiervezels aangetroffen. De bewegingen der vingerkootjes worden dus uitsluitend veroorzaakt door verschuivingen van pezen. Pezen zijn praktisch niet rekbaar noch samendrukbaar

zodat het gehele bewegingssysteem binnen de vinger als een passief systeem kan worden beschouwd. Omdat de interphalangeale gewrichten scharniergewrichten zijn, kan het bewegingssysteem van de vinger zonder veel vereenvoudigingen, door touwtjes die over katrollen lopen worden voorgesteld. Deze voorstelling leidt tot een eenvoudig functioneel anatomisch model dat ook door enkele algebraïsche formules kan worden voorgesteld (Hoofdstuk VI). Het verband tussen de buigingshoek  $\alpha$  van het distale interphalangeale (dip) gewricht en de buigingshoek  $\beta$  van het proximale interphalangeale (pip) gewricht wordt veroorzaakt door het lig. obliquum dat ventraal van de pip. gewrichtsas loopt. Dit ligament ontspringt aan de proximale phalanx, maar gaat distaal in de extensor aponeurose over. Bij verplaatsing van deze dat het lig. obliquum niet wordt uitgerekt. (formule VI.2). De verschuiving van de interosseuspees wordt door  $\alpha$ ,  $\beta$  en de afstanden tot de dip. en pip. gewrichtsassen bepaald.

De eerder gemeten waarden der parameters werden in het rekenmodel ingevoerd zodat voor iedere vinger van iedere hand konden worden bestudeerd:

- 1e. het verband tussen de buigingshoeken van het distale en het proximale interphalangeale gewricht, voorzover bepaald door het lig. obliquum.
- 2e. de verschuivingen naar distaal van de interosseuspezen, bepaald op grond van de ingevoerde parameters en de uit (1e) berekende waarden van de buigingshoek ( $\beta$ ) van het proximale interphalangeale gewricht.

In het rekenprogramma werden enkele toetsingen op consistentie der ingevoerde maten ingebouwd. Uit deze toetsingen bleek dat bij de 16 normale vingers slechts eenmaal een inconsistentie in de maten kon worden vastgesteld. Bij de pathologische vingers was zulks echter regel. Dit betekent dat het rekenmodel niet zonder wijzigingen op pathologische vingers mag worden toegepast.

Bij de normale vingers kon de geldigheid van het rekenmodel niet anders worden aannemelijk gemaakt dan door vast te stellen dat de berekende peesverkortingen redelijk overeenkomen met wat verwacht werd op grond van functioneel anatomische overwegingen. Daar, waar mogelijk waren deze verwachtingen in maten uitgedrukt.

Door de onderzoeksmethoden van de normale vingers ook toe te passen op de pathologische, werden meetgegevens verkregen die in de tabellen VIII.1–19 zijn vastgelegd. De beide pathologische handen werden bovendien gedetailleerd beschreven. In deze beide handen waren fibrosis en schrompeling der mm. interossei het meest kenmerkend. Bij de normale handen werd gevonden dat de verschillen in afstanden van radiale en ulnaire interosseuspezen tot de buigingsassen in het metacarpophalangeale gewricht niet als mogelijke oorzakelijke factor voor het optreden van ulnaire deviatie kunnen worden beschouwd. De vondst der geschrompelde mm. interossei in de pathologische handen leidt tot de hypothese dat in de wijsvingers een ulnaire deviatie kan worden verklaard uit de schrompeling bij asymmetrisch insertiepatroon der mm. interossei (nl. phalangeale en wing-insertie). Omdat echter talrijke waarnemingen bekend zijn van ulnaire deviaties zonder schrompeling maar met atrophie der mm. interossei kan de zojuist geformuleerde hypothese zeker niet

geldig zijn in alle vingers met ulnaire deviatie. Bovendien wordt bij die hypothese mede verondersteld dat de deviërende kracht van de wijsvinger de andere vingers in de hand in een ulnaire deviatie stand zou dwingen. Indien de vingers van een hand door gemeenschappelijke oorzaken ulnair deviëren, dan moeten deze oorzaken mogelijk worden gezocht in verslapping van structuren om de metacarpophalangeale gewrichten en de (ulnair gerichte) tractie componenten der flexoren en extensoren.

## IX. 2. Résumé.

La main est un organe compliqué et finement construit. La structure des doigts est donc loin d'être simple. Les recherches de Landsmeer entre autres ont apporté beaucoup de révélations nouvelles concernant la forme et la fonction des structures des doigts; néanmoins les connaissances scientifiques présentent encore des lacunes. Cette thèse veut essayer de décrire les détails de la construction des doigts „longs” (du 2nd au 5ième doigt) par des méticuleuses recherches morphologiques et biométriques. En étendant ces analyses et ces observations métriques, aux articulations des doigts, placés dans différentes positions de flexion, il a été également possible d'étudier les relations entre la morphologie et la fonction.

Les investigations morphologiques et métriques sus-mentionnées n'ont pu s'effectuer que par la mise au point de certaines techniques anatomiques.

Les techniques effectuées sont décrites au quatrième chapitre. Une méthode importante consiste à mesurer les distances entre les tendons et l'axe articulaire sur des radiographies des doigts ou des mains.

A cette fin on a introduit là où c'était possible des fils de chrome de nickel à travers le centre des tendons.

Pour fixer les différents axes articulaires des boules de plomb ont été introduites dans les os à proximité des articulations. Les doigts sont ensuite radiographiés en différentes positions de flexion, de déviation latérale ou médiale ou de rotation en maintenant les appareils radiographiques et photographiques en position fixe. Grâce à une simple construction géométrique les positions des axes articulaires ont été déterminées par la situation des boules de plomb dans les différentes positions des doigts.

En même temps cela nous permet de décider si les mouvements dans un plan déterminé peuvent être considéré comme s'étant tournant autour d'un axe.

Un grand nombre de données métriques concernant de distances des tendons aux axes articulaires, des origines, des longueurs des os, des épaisseurs, des angles de flexion etc. a été relevé sur des tables de mesure.

Les méthodes d'investigation ont été appliquées aux deux mains d'une femme et aux deux mains d'un homme.

Aucune de ces personnes a notre connaissance n'avait présenté des signes pathologique aux mains, c'est pour cela que dans cette thèse on parle de „mains normales”. En plus de ces quatre mains „normales” les deux mains d'une femme de 80 ans ont

été examinées.

Ces mains présentaient une déviation évidente dans la position des doigts dans l'articulation entre le métacarpe et les doigts (nommée déviation ulnaire dans l'articulation métacarpophalangienne).

Cette déviation de la position des doigts est probablement causée par une polyarthrite rhumatoïde.

Les muscles qui permettent aux doigts de bouger proviennent du métacarpe ou de sa proximité.

Au-delà des articulations métacarpophalangiennes on ne trouve pas de fibres musculaires, c'est pour cela que les mouvements des phalanges sont exclusivement produites par les déplacements des tendons. Les tendons sont pratiquement inextensibles et incompressibles. Le système entier des mouvements digitaux peut être considéré comme passif.

Etant donné que les articulations interphalangiennes sont des ginglymes le système de mouvement du doigt peut être représenté facilement par des ficelles qui glissent sur des poulies. Cette présentation aboutit à un modèle anatomique simple et fonctionnel qui peut être exprimé également par des formules algébriques. (chap. 6).

L'interdépendance entre l'angle de flexion  $\alpha$  de l'articulation interphalangienne distale (d.i.p.) et l'angle de flexion  $\beta$  de l'articulation interphalangienne proximale (p.i.p.) est assuré par le ligament oblique qui chemine ventralement à l'axe de l'articulation p.i.p. Ce ligament provient de la phalange proximale mais passe distalement dans l'aponévrose extenseur.

Si cet aponévrose se déplace par flexion de l'articulation d.i.p., l'articulation p.i.p. doit fléchir suffisamment pour que le ligament-oblique ne se distende pas (formule VI. 2).

Le déplacement des tendons interosseux est déterminé par  $\alpha$ ,  $\beta$  et par les distances aux axes articulaires d.i.p. et p.i.p..

Les valeurs des paramètres mesurées précédemment sont introduites dans le modèle arithmétique de sorte que pour chaque doigt de chaque main on peut étudier:

1. La relation entre les angles de flexion de l'articulation interphalangienne distale et proximale dans la mesure où elle est déterminée par le ligament oblique.
2. Les déplacements distals des tendons interosseux sont déterminés d'après les paramètres introduits et les valeurs de l'angle de flexion ( $\alpha$ ) de l'articulation interphalangienne proximale sont déduits de 1.

Quelques tests ont été incorporés au computer programme afin de connaître la consistance des valeurs employées.

Ces tests ont démontré que les valeurs d'un des seize doigts seulement étaient inconsistent; c'était la règle pour les doigts pathologiques. Ceci signifie que le modèle arithmétique ne peut être appliqué aux doigts pathologiques sans modification.

Pour les doigts normaux le modèle arithmétique ne pouvait être vérifié qu'en observant que les déplacements des tendons correspondaient pratiquement aux prévisions faites en se basant sur des considérations fonctionnelles et anatomiques.

On a essayé autant que possible, d'exprimer ces prévisions en valeurs numériques. En appliquant ces méthodes d'investigation aux doigts pathologiques, on a obtenu des valeurs mentionnées dans les tables

En outre les mains pathologiques sont décrites en détail.

Les deux mains sont caractérisées par une fibrose et un „ratatinement” des mm. interosseux.

On peut conclure, a partir des mains normales, que la différence de distance entre les tendons interosseux radiaux et ulnaires et l'axe articulaire métacarpophalangien ne ne peut être considérée comme la cause possible de la déviation ulnaire.

La découverte du „ratatinement” des muscles interosseux permet de formuler l'hypothèse suivante: déviation ulnaire de l'index pourrait être expliquée par le „ratatinement” des muscles interosseux, combinée à l'asymétrie de leurs insertions Etant donné cependant que plusieurs cas de déviation ulnaire ne présentent pas de „ratatinement” des muscles interosseux, combinée à l'asymétrie de leurs insertions. n'est pas valable pour tous les doigts à déviation ulnaire; en outre cette hypothèse suppose que la force de déviation de l'index pourrait obliger les autres doigts de la main à présenter une déviation ulnaire.

Nous sommes d'avis que les doigts de la main se dévient en direction ulnaire par des causes communes à tous les doigts.

L'origine de cette deviation peut être trouvée dans la faiblesse des structures peri-articulaire et les composants de traction ulnaire des muscles fléchisseurs et extenseurs.

### IX. 3. Summary.

The hand is a complicated and delicately constructed organ. The structure of the fingers is also far from simple. Although the investigations of Landsmeer by example have revealed much about form and function of finger structures, large gaps in scientific knowledge about these structures still remain.

This thesis attempts to record details of the construction of the „long” fingers (second to fifth fingers) by meticulous morphologic and metric investigation.

By extending these metrical analyses and observations to fingers in different positions of flexion it also proved possible to study the relations between morphology and function. The above mentioned careful morphological and metrical investigation could only be effected after special techniques for anatomic investigation of the fingers were developed or refined. The techniques applied are described in chapter IV. An important method of measuring the distances of tendons to joint axes in X-rays of fingers or hands. To this end, where possible, nickelchromiumwire was introduced through the centre of the tendons.

To determine the different axes of the joints, pellets of lead were inserted into the bones near the joints. These pellets were then recorded on X-ray with a fixed mounting of the röntgen and photography equipment in various positions of



flexion, rotation, lateral- or medial deviation of the fingers. Through geometric constructions the position of the axes could then be determined from the location of the lead pellets in the different finger positions. At the same time it was determined whether a movement in a joint in one plane could be considered as taking place around one axis. A large number of distances of tendons to joint axes, as well as origins, insertions, the bones sizes, thicknesses, degrees of flexion, etc. were recorded in tables.

Using preserved specimens these methods of investigation were applied to both hands of a woman and to both hands of a man. Neither of these persons was known to have had any kind of pathological condition of their hands during life. Therefore these hands are called „normal” hands in this dissertation. In addition to the four normal hands, both hands of an eighty year old woman were investigated. These hands showed a distinct deviation of the fingers away from the thumb, in the joint between the midhand and the fingers. (the so called ulnar deviation in the metacarpophalangeal joint). These deviations of the fingers may have been caused by rheumatoid arthritis.

The muscles which move the fingers originate in the midhand or proximal to it. Distal to the metacarpophalangeal joints no muscle fibres are found, so that the movements of the phalanges are caused by sliding of the tendons.

Tendons are virtually inextensible and incompressible. The entire system of movements within the finger can be considered as passive.

Because the interphalangeal joints are hinge joints, the system of movements of the finger can be represented, without too much simplifications, by strings running over pulleys. This representation leads to a simple functional anatomical model which can also be expressed by some algebraic formulae (chapter VI). The relation between the angle of flexion  $\alpha$  of the distal interphalangeal (d.i.p.) joint and the angle of flexion  $\beta$  of the proximal interphalangeal (p.i.p.) joint is due to the lig. obliquum which runs palmar to the p.i.p. joint axis.

This ligament originates from the proximal phalanx but inserts distally into the extensor aponeurosis. When this aponeurosis is moved by flexion of the d.i.p. joint, the p.i.p. joint has to flex just so much that the lig. obliquum is not stretched (formula VI. 2).

The shift of the interosseus tendon is determined by  $\alpha$ ,  $\beta$  and by the distances to the d.i.p. and p.i.p. joint axes. The previously measured values of the parameters were introduced into the arithmetical model so that for each finger of each hand a study could be made of:

1. the relation between the angles of flexion of the distal and proximal interphalangeal joint, as determined by the lig. obliquum.
2. the distal shifts of the interosseus tendons, determined on the basis of the parameters introduced and the values of the angle of flexion ( $\beta$ ) of the proximal interphalangeal joint calculated from 1.

There were some built in checks in the arithmetical program on the consistency of the values used.



These checks showed that the values of only one of the sixteen normal fingers were inconsistent. In the pathological fingers however such was the rule. This means that without alterations the arithmetical model may not be applied to pathological fingers.

In normal fingers the validity of the arithmetical model could only be made acceptable by observing that the calculated shifts of the tendons corresponded reasonably well with what was expected in the basis of functional anatomical considerations. Where possible these expectations were expressed in values. By applying these methods of investigation of normal fingers to the pathological, values were obtained which are recorded in tabules.

Furthermore, the pathological hands were described in detail. Both hands were characterized by shrinkage of the mm. interossei.

It could be deduced, from the normal hands that the differences in distances between radial and ulnar interosseus tendons to the metacarpophalangeal joint axes cannot be considered as a causative factor for the incidence of ulnar deviation. The discovery of the shrinkage of the interosseus muscles gives rise to the hypothesis that in the indexfinger an ulnar deviation can be explained by the shrinkage with an asymmetrical pattern of insertion of the mm. interossei (viz. phalangeal and wing insertion).

As, however numerous observations of ulnar deviation without shrinkage though with atrophy of the mm. interossei are known, the hypothesis formulated above cannot be valid for all fingers with ulnar deviation. Moreover this hypothesis assumes that the deviating power in the index finger would force the other fingers of the hand into ulnar deviation. If the fingers of one hand deviate ulnarly through common causes, then these causes may have to be sought for in the slackening of structures around the metacarpophalangeal joints and the (ulnarly directed) traction components of the long flexors and extensors.

#### **IX.4 Resumen.**

La mano es un órgano complicado y finamente construido; los dedos tienen una estructura igualmente compleja. Aunque nuestros conocimientos sobre la morfología y función de los elementos constitutivos de la mano sean considerables (Landsmeer, 1955), no debemos olvidar que aun quedan considerables lagunas que sería preciso rellenar.

En esta tesis intentamos establecer las características más importantes de la estructura de los dedos trífalángicos mediante investigaciones morfológicas y biométricas. Tenemos la esperanza de que el estudio biométrico de los dedos en diferentes ángulos de flexión nos ayudará a comprender las relaciones mutuas entre forma y función en el caso que nos ocupa.

El presente estudio ha sido posible gracias al perfeccionamiento de nuevas técnicas para la investigación anatómica de los dedos. Las técnicas empleadas se describen en

el capítulo IV.

Uno de los principales métodos de estudio consiste en medir radiográficamente la distancia entre los tendones y los ejes de rotación de las articulaciones. Para ello se pasan finos alambres de cromoníquel por el centro de los tendones. A continuación se colocan bolitas de plomo en los componentes del par articular con objeto de radiografiarlos en diversas posiciones (flexión, abducción, rotación etc.). Partiendo de la posición de las bolitas en las radiografías, determinamos la situación de los ejes de rotación mediante esquemas geométricos simples. Esto nos permite decidir si movimientos efectuados en un plano cualquiera pueden considerarse como producidos alrededor de un solo eje.

En la tabla V se exponen numerosos datos métricos sobre longitud de tendones, brazos de palanca, longitud de los huesos, ángulos de flexión, etc.

Para nuestro estudio hemos utilizado cuatro manos procedentes de un hombre y una mujer normales, por lo que las llamaremos „manos normales”. Además de las cuatro manos normales, se han utilizado las dos manos de una mujer de 80 años, que presentaban una alteración en la posición de los dedos trifalángicos, los cuales, estando la mano en pronación, se desviaban fuertemente hacia afuera (desviación ulnar). Estas alteraciones son probablemente el resultado de una artritis reumatoide. Los músculos motores de los dedos se encuentran exclusivamente en regiones *proximales* a las articulaciones metacarpofalángicas. Los movimientos de las falanges son el resultado de desplazamientos de los tendones respectivos. Ahora bien, como los tendones son muy resistentes al estiramiento y a la compresión, podemos considerar el sistema completo de movimientos digitales como un sistema pasivo. Las articulaciones interfalángicas son trocleartrosis, lo que nos permite representar el substrato anatómico de los movimientos digitales como un sistema mecánico de cuerdas y poleas que puede expresarse mediante fórmulas algebraicas (capítulo VI). La relación mutua entre el ángulo de flexión  $\alpha$  de la articulación interfalángica distal (d.i.p.) y el ángulo de flexión  $\beta$  de la articulación proximal (p.i.p.) depende del ligamentum obliquum, que pasa ventralmente con relación al eje de la articulación proximal. Este ligamento se origina en el primera falange y luego se confunde con la aponeurosis dorsal de los dedos. Al desplazarse ésta aponeurosis como consecuencia de la flexión de la articulación interfalángica distal, la articulación proximal tendrá que flexionarse lo necesario para que el ligamento oblicuo no se distienda (fórmula VI 2).

Introduciendo en el diagrama los valores de los parámetros podemos hallar:

1. La relación entre los ángulos de flexión de las articulaciones interfalángicas proximal y distal, en lo que depende del ligamento oblicuo.
2. Los desplazamientos en dirección distal del tendón del músculo interóseo, en función de los parámetros conocidos y del ángulo de flexión  $\beta$ , calculado a partir de la fórmula 1.

En el programa de cálculo se han introducido pruebas para verificar la consistencia de las medidas empleadas. Se demostró que solamente en uno de los 16 dedos trifalángicos el programa era inservible; por otra parte el programa de cálculo no

pudo aplicarse a ninguno de los 8 dedos patológicos. Esto demuestra que el programa de cálculo no pueda aplicarse a los dedos patológicos, a no ser que introduzcamos modificaciones en el mismo.

En los dedos anormales la validez del programa puede verificarse comparando los valores de los desplazamientos tendinosos obtenidos por cálculo, con los resultados de mediciones directas de preparaciones anatómicas. Las mediciones directas se realizaron siempre que fue posible.

Los datos métricos de las manos patológicas se exponen en la tabla VIII.1–19.

En el capítulo VIII se describe detalladamente la morfología de los dedos con desviación ulnar. Llama la atención la existencia de una fibrosis intensa y la retracción de los músculos interóseos.

En las manos normales se demuestra que las diferencias entre las distancias de los tendones interóseos radiales y ulnares a los ejes de rotación de la articulación metacarpofalángica no pueden considerarse como el factor causal de la aparición de desviación ulnar. El hallazgo de músculos interóseos fibrosados y retraídos nos lleva a suponer que la desviación del dedo índice puede ser el resultado de la retracción muscular combinada con la inserción asimétrica (o sea, en la primera falange y en la tercera) del tendón del interóseo. Sin embargo, el hallazgo de numerosos casos de desviación ulnar con *degeneración* de los interóseos en lugar de retracción de los mismos indica que esta hipótesis no puede tener una validez general. Por si fuera poco la hipótesis sugiere que la desviación del índice obliga a los demás dedos a desviarse y esta suposición es poco probable.

Si los dedos trifalángicos se desvían por causas comunes, creemos que deben buscarse en la debilitación de las estructuras periarticulares y en la resultante de tracción ulnar de los flexores y extensores largos.

## IX.5 Zusammenfassung.

Die Hand ist ein kompliziertes, fein konstruiertes Organ.

Auch die Anatomie der Finger ist keineswegs einfach. Obwohl, vor allem durch die Untersuchungen von Landsmeer über die Form und Funktionen der Hand und der Fingerstrukturen viel bekannt wurde, bestehen noch grosse Lücken in der wissenschaftlich fundierten Kenntnis der Hand.

In dieser Arbeit wird mit Hilfe von genauen morphologischen und metrischen Untersuchungen versucht, Besonderheiten im Bau der „lange“ Finger darzustellen. (die „lange“ Finger sind vom 2.–5. Finger). Durch diese metrische Analyse und Beobachtungen, die auch in verschiedener Stellungen in der Scharniergelenke ausgebreitet wurde, war es möglich den Zusammenhang zwischen Morphologie und Funktion zu studieren.

Die erwähnte, genaue morphologische und metrische Untersuchung konnte nur statt finden, nachdem einige Techniken zur anatomischen Untersuchung der Finger entwickelt oder verfeinert worden waren. Die angewandte Techniken wurden im

Hauptteil IV beschrieben.

Davon ist eine wichtige Methode in Röntgenfotos von Fingern oder der Hand den Abstand von den Sehnen zu den Bewegungsachsen zu messen.

Hierzu wurde wo möglich durch das Zentrum der Sehnen Nickelchromfaden angebracht. Um die verschiedenen Achsen der Gelenke feststellen zu können wurden in den Knochenteilen Bleikügelchen angebracht.\*

Durch einfache geometrische Konstruktion konnte aus der Lage der Bleikügelchen die Lage der Achsen bestimmt werden. Zugleich wurde dabei festgestellt, ob eine auftretende Bewegung um eine Achse stattfindet.

In grosser Anzahl werden in Tabellen Abstände von Sehnen, Ursprung, Ansatz, Grösse der Knochen, Dicke und Beugungswinkel aufgezeichnet. Die Untersuchungsmethoden wurden bei konservierten Händen einer Frau wie bei einem Mann angewendet. Bei beiden Personen war nicht bekannt, dass sie zeitlebens eine Abweichung der Hand gehabt haben sollen.

Diese Hände wurden darum in der Arbeit „normale Hände“ genannt.

Neben den 4 normalen Händen wurden auch noch die Hände einer 80-jährigen Frau untersucht, die deutliche Abweichungen in der Stellung der Finger zeigte, vom Daumen abgewendet. (In der Mittelhand/ 1. Fingerknöchelgelenken, sogenannte ulnäre Deviation in dem metacarpophalangealen Gelenk).

Wahrscheinlich ist diese Veränderung die Folge einer rheumatischen Arthritis. Die Muskeln, die die Finger bewegen, haben ihren Ursprung in der Mittelhand oder noch mehr proximal.

An der Peripherie von den metacarpophalangealen Gelenke wurde kein Muskelgewebe angetroffen.

Die Bewegungen der Knöchelchen wird deshalb ausschliesslich durch Verschiebungen der Sehnen hervorgerufen. Sehnen sind praktisch nicht dehn- noch zusammendruckbar. Das ganze Bewegungssystem der Finger kann als passives System gesehen werden.

Weil die interphalangealen Gelenke Scharniergelenke sind, kann das Bewegungssystem der Finger ohne viel zu vereinfachen, als Faden der über eine Rolle läuft, vorgestellt werden. Dieses Beispiel führt zu einem einfachen funktionel anatomischen Model, das auch in algebraischen Formeln ausgedrückt werden kann. (Hauptteil VI).

Der Zusammenhang zwischen dem Beugungswinkel  $\alpha$  von dem distalen interphalangealen Gelenk (d.i.p.) und dem Beugungswinkel  $\beta$  von dem proximalen interphalangealen Gelenk (p.i.p.) wird durch das Ligamentum Obliquum, das ventral von der p.i.p.-Gelenkachse läuft, erklärt.

Dieses Ligament hat den Ursprung an der proximalen Phalanx, geht aber peripher in den Extensor Aponeurose über. Bei Verschiebung der Aponeurose, z.B. bei der

\*Die Bleikügelchen werden in verschiedener Lage wie Beugung, Ab- und Adduktion, und Rotation auf Röntgenfotos festgehalten, bei fixierter Einstellung der Röntgenapparatur durchgeführt.

Beugung des d.i.p.-Gelenkes, darf das p.i.p.-Gelenk sich nur so weit beugen, dass das Obliquum nicht ausgereckt wird. (Formel VI 2).

Die Verschiebung von der Interosseus Sehne wird durch  $\alpha$ ,  $\beta$  und durch die Abstände bis zu den d.i.p.- und p.i.p.-Achsen festgelegt.

Die früher gemessenen Werte der Parameter wurden in dem Rechenmodel angeführt, sodass an jedem Finger von jeder Hand studiert werden können:

1. Der Zusammenhang zwischen den Beugungswinkel von dem distalen und dem proximalen interphalangealen Gelenk, soweit bestimmt durch das Ligamentum Obliquum.
2. Die Verschiebungen nach distal von den Interosseussehnen-Ansatz sind festgelegt auf Grund des vorgestellten Parameter und die aus 1. berechnenden Werte des Beugungswinkels  $\beta$  von dem proximalen interphalangealen Gelenk.

In das Rechenprogramm wurden einige Tests auf Konsistenz der vorgestellten Messungen eingebaut.

Bei diesen Tests schien, dass bei 16 normalen Fingern einmal eine Inkonsistenz in den Massen konnte festgestellt worden.

Bei den pathologischen Fingern waren solche in der Regel.

Das bedeutet, dass das Rechenmodel nicht ohne Veränderung bei pathologische Fingern angewendet werden mag.

Bei normalen Fingern konnte die Gültigkeit des Rechenmodells glaubhaft gemacht werden durch das Feststellen, dass die berechnenden Sehnenverkürzungen redlich übereinstimmten mit den funktionel anatomischen Überlegungen.

Dort, wo möglich sind diese Annahmen in Massen ausgedrückt.

Um die Untersuchungsmethoden der normalen Fingern auch bei pathologischen anzuwenden, wurden Messergebnisse erworben, die in den Tabellen festgelegt sind. Die beiden pathologischen Hände wurden ausserdem gesondert beschrieben. An diesen beiden Händen waren Fibrosis und Schrumpfung der Mm. Interossei das kennzeichnenste.

Bei normalen Händen wurde gefunden, dass die Differenz in radialen und ulnären M. Interosseus-Sehnen bis zu den Beugungsachsen in dem metacarpophalangealen Gelenk, nicht als begründeter Faktor für das Auftreten von ulnärer Deviation angesehen werden kann.

Die Feststellung der geschrumpften Mm. Interossei in der pathologischen Hand führt zur Hypothese, dass in den Zeigefingern eine ulnäre Deviation erklärt werden kann, die aus der Schrumpfung und asymmetrischen Insertionspatron der Mm. Interossei hervorgeht.

Weil zahlreiche Beobachtungen von ulnären Deviation ohne Schrumpfung aber mit einer Atrophie der Mm. Interossei bekannt sind, kann die eben formulierte Hypothese nicht bei allen Fingern mit ulnären Deviation geltend gemacht werden. Ausserdem wird bei dieser Hypothese angenommen, dass die ausschlaggebende Kraft des Zeigefingers die anderen Fingern in eine ulnäre abweichende Haltung zwingt. Als die Finger durch gemeinsame Ursachen ulnär abweichen, dann müssen diese Ursachen vielleicht in der Erschlaffung der Strukturen der metacarpophalangealen Gelenk und der Traktion — Komponenten der Flexoren und Extensoren gesucht werden.

- ALBINUS, B. S. *Historia musculorum hominis*. Leiden, 1734.
- BACKDAHL, M. and S. O. MYRIN. Ulnar deviation of the fingers in rheumatoid arthritis and its surgical correction. *Acta Chir. Scand.*: 122. 158–165. 1961.
- BACKHOUSE, K. M. The mechanics of normal digital control in the hand and an analysis of the ulnar drift of rheumatoid arthritis. *Ann. Roy. Coll. Surg. England*: 43. 154–173. 1968.
- BACKHOUSE, K. M. Mechanical factors influencing normal and rheumatoid metacarpophalangeal joints. *Ann. Rheum. Dis.*: 28, suppl. 15–19. 1969.
- BAUMANN, J. A. and G. PATRY. Observations microscopiques sur la texture fibreuse et la vascularisation de l'ensemble tendineux extenseur du doigt de la main chez l'homme. *Rev. Méd. de la Suisse Romande*: 63. 900–912. 1943.
- BENNINGHOF, A. *Lehrbuch der Anatomie des Menschen*. München usw., Lehmann, 1939. Bd.I. 403–404.
- BLECOURT, J. J. de. Screening of the population for rheumatic diseases. *Ann. Rheum. Dis.*: 13. 338–340. 1954.
- BREWERTON, D. A. Hand deformities in rheumatoid disease. *Ann. Rheum. Dis.*: 16. 183–197. 1957.
- BREWERTON, D. A. Pathological anatomy of rheumatoid finger joints. *J. Brit. Soc. for Surg. of the Hand*: 3/2. 121–124. 1971.
- BUNNELL, S. *Surgery of the hand*. Philadelphia etc., Lippincott, 1944.
- BUNNELL, S. *Surgery of the rheumatic hand*. *J. Bone Joint Surg.*: 37-A. 759–766. 1955.
- CHAO, E. Y., J. D. OPGRANDE and F. E. AXMEAR. Three-dimensional force analysis of finger joints in selected isometric hand functions. *J. Biomech.*: 9. 387–396. 1976.
- CLELAND, F. R. S. On the cutaneous ligaments of the phalanges. *J. Anat. Physiol.*: 12. 526. 1878.
- DUCHENNE, G. B. *Physiologie des mouvements: démontrée à l'aide de l'expérimentation électrique et de l'observation clinique et applicable à l'étude des paralyses et des déformations*. Paris, Baillière, 1867.
- ELLISON, M. R., K. J. KELLY and A. E. FLATT. Die Ergebnisse der chirurgischen Synovektomie beim Rheumatismus der Fingergelenke. *J. Bone Joint Surg.*: 53-A. 1041–1060. 1971.
- EYLER, D. L., M. D. NASHVILLE and J. M. MARKEE. The anatomy and function of the intrinsic musculature of the fingers, *J. Bone Joint Surg.*: 36-A. 1–9. 1954.
- FEARNLEY, G. R. Ulnar deviations of the fingers. *Ann. Rheum. Dis.*: 10. 126–136. 1951.
- FICK, R. *Handbuch der Anatomie der Gelenke. Unter Berücksichtigung der bewegenden Muskeln*. I–III. Mit . . . Abbn. und . . . Tafn. Jena, Fischer, 1904–1911. 3 Bdn.
- FLATT, A. E. Some pathomechanics of ulnar drift. *Plast. Reconstr. Surg.*: 37.

295–303. 1966.

FLATT, A. E. and G. W. FISCHER. Restraints of the metacarpophalangeal joints: a force analysis. *Surg. Forum*: 19. 459–460. 1968.

FLATT, A. E. Studies in finger joint replacement. *Arch. Surg.*: 107. 437–443. 1973.

HAKSTIAN, R. W. and R. TUBIANA. Ulnar deviation of the fingers. *J. Bone Joint Surg.*: 49-A. 299–316. 1967.

HARRIS, C. and D. C. RIORDAN. Intrinsic contracture in the hand and its surgical treatment. *J. Bone Joint Surg.*: 36-A. 10–20. 1954.

HASTINGS, D. E. and J. A. EVANS. Rheumatoid Wrist Deformities and their relation to ulnar drift. *J. Bone Joint Surg.*: 57-A/7. 930–934. oktober 1975.

HAUCK, G. Die Ruptur der Dorsalaponeurose am ersten Interphalangealgelenk zugleich ein Beitrag zur Anatomie und Physiologie der Dorsalaponeurose. *Arch. Klin. Chir.*: 123. 197–232. 1922.

HUFFSTADT, A. J. C. De hand, reparatieve en reconstructieve chirurgie. Leiden, Stafleu, 1969.

KESTLER, O. C. Histopathology of the intrinsic muscles of the hand in rheumatoid arthritis: a clinico-pathological study. *Ann. Rheum. Dis.*: 8. 42–48. 1949.

KAPLAN, E. Functional significance of the insertions of the extensor communis digitorum in man. *Anat. Rec.*: 92. 293–303. 1945.

KUCZYNSKI, K. The proximal interphalangeal joint: anatomy and causes of stiffness in the fingers. *J. Bone Joint Surg.*: 50-B. 656–663. 1968.

LANDSMEER, J. M. F. The anatomy of the dorsal aponeurosis of the human finger and its functional significance. *Anat. Rec.*: 104. 31–44. 1949.

LANDSMEER, J. M. F. l'Anatomie des articulations métacarpo-phalangiennes chez l'homme. *C.R. Ass. Anat.*: 629–643. 1951.

LANDSMEER, J. M. F. Anatomical and functional investigations on the articulations of the human fingers. *Acta Anat.*: XXV, suppl. 24 = 2 ad. 69 p. 1955.

LANDSMEER, J. M. F. and H. R. ANSINGH. X-ray observations on rotation of the fingers in the metacarpophalangeal joints. *Acta Anat.*: 30. 404–410. 1957.

LANDSMEER, J. M. F. A report on the coordination of the interphalangeal joints of the human finger and its disturbances. *Acta Morph. Neerl.-Scand.*: 2. 59–84. 1958.

LANDSMEER, J. M. F. Studies in the anatomy of articulation. I. The equilibrium of the „intercalated” bone. *Acta Morph. Neerl.-Scand.*: 3. 287–303. 1960.

LANDSMEER, J. M. F. Studies in the anatomy of articulation. II. Patterns of movement of bi-muscular, bi-articular systems. *Acta Morph. Neerl.-Scand.*: 3. 304–321. 1960.

LANDSMEER, J. M. F. Power grip and precision handling. *Ann. Rheum. Dis.*: 21. 164–170. 1962.

LANDSMEER, J. M. F. Contribution à l'analyse anatomique et fonctionnelle d'une chaîne articulée. *C.R. Ass. Anat.*: 873–879. 1962.

LANDSMEER, J. M. F. The coordination of finger-joint motions. *J. Bone Joint Surg.*: 45-A. 1654–1662. 1963.

LANDSMEER, J. M. F. The mechanisms of finger control, based on electromyograms and location analysis. *Acta Anat.*: 60. 330–347. 1965.



- LANDSMEER, J. M. F. Atlas of anatomy of the hand. Edinburgh etc., Churchill Livingstone, 1976.
- LEWIS, C. J. The evolution of the Mm. Interossei in the primate hand. *Anat. Rec.*: 153. 275–288. 1965.
- LEWIS, C. J. Joint remodelling and the evolution of the human hand. *J. Anat.*: 123/1. 157–201. 1977.
- LONG, Ch. and M. E. BROWN. Electromyographic kinesiology of the hand: muscles moving the long finger. *J. Bone Joint Surg.*: 46-A. 1683–1706. 1964.
- LONG, Ch., P. W. CONRAD, E. A. HALL, a.o. Intrinsic- extrinsic muscle control of the hand in power grip and precision handling. *J. Bone Joint Surg.*: 52-A. 853–867. 1970.
- LUSH, B. Ulnar deviation of the fingers. *Ann. Rheum. Dis.*: 11. 219–221. 1952.
- MARTEL, W. The pattern of rheumatoid arthritis in the hand and wrist. *Radiol. Clin. N. Amer.*: 2. 221–235. 1964.
- MARTEL, W., J. W. SNARR and J. R. HORN. The metacarpophalangeal joints in interphalangeal osteoarthritis. *Radiology*: 108. 1–7. 1973.
- MILFORD, L. Retaining ligaments of the digits of the hand. Philadelphia, Saunders, 1968.
- MONTANT, R. and J. A. BAUMANN. Rupture-luxation de l'appareil extenseur des doigts au niveau de la première articulation interphalangienne. *Rev. Orthop. Chir. de l'app. mot.*: 25. 5–22. 1938.
- MUSGRAVE, J. H. Some metrical properties of proximal phalanges. *J. Anat.*: 111. 474. 1972.
- NØRGAARD, F. Earliest röntgenological changes in polyarthritis of the rheumatoid type: rheumatoid arthritis. *Radiology*: 85. 325–329. 1965.
- PAHLE, J. A. and P. RAUNIO. The influence of wrist position on finger deviation in the rheumatoid hand. *J. Bone Joint Surg.*: 51-B. 664–676. 1969.
- SALSBUURY, C. R. The interosseus muscles of the hand. *J. Anat.*: 71. 395–403. 1937.
- SARRAFIAN, S. K., L. E. KAZARIAN, L. K. TOPOUZIAN et al. Strain variation in the components of the extensor apparatus of the finger during flexion and extension. *J. Bone Joint Surg.*: 52-A/2. 980–990. 1970.
- SCHNIEBER, E. and G. STELLBRINK. Sehnengleitamplituden über Interphalangealgelenken. *Handchirurgie*: 5. 63–70. 1973.
- SHAPIRO, J. S. The etiology of ulnar drift. A new factor. *J. Bone Joint Surg.*: 50-A. 634. 1968.
- SMALL, J. C. The mechanics of deformities of the hands in atrophic arthritis and a discussion of their prevention and correction. *Ann. Intern. Med.*: 31. 1087–1094. 1950.
- SMITH, E. M., R. C. JUVINALL, L. F. BENDER et al. Role of the finger flexors in rheumatoid deformities of the metacarpophalangeal joints. *Arthritis rheum.*: 7. 467–480. 1964.
- SMITH, E. M., R. C. JUVINALL, L. F. BENDER et al. Flexor forces and rheumatoid metacarpophalangeal deformity. *J. Amer. Med. Ass.*: 198. 130–134. 1966.
- SMITH, R. J. and E. B. KAPLAN. Rheumatoid deformities at the metacarpophalangeal joints of the fingers. *J. Bone Joint Surg.*: 49-A. 31–46. 1967.
- SNORRASON, E. Rheumatoid arthritis and occupation. *Acta Med. Scand.*: 140.



356–358. 1951.

SPOOR, C. W. and J. M. F. LANDSMEER. Analysis of the zigzag movement of the human finger under influence of the extensor digitorum tendon and deep flexor tendon. *J. Biomech.*: 9. 561–566. 1976.

STOPFORD, J. S. B. The nerve supply of the interphalangeal and metacarpophalangeal joints. *J. Anat.*: 56. 1–11. 1922.

TUBIANA, R. and P. VALINTIN. The anatomy of the extensor apparatus of the fingers. *Surg. Clin. N. Amer.*: 44. 897–906. 1964.

TUBIANA, R. and R. HAKSTIAN. Normal and pathological ulnar deviation of the fingers. In: *La main rhumatoïde*: ed. by R. Tubiana. Paris, l'Expansion, 1969.

VAUGHAN-JACKSON, O. J. Rheumatoid hand deformities considered in the light of tendon imbalance. I. *J. Bone Joint Surg.*: 44-B. 764–775. 1962.

VAINIO, K. and M. OKA. Ulnar deviation of the fingers. *Ann. Rheum. Dis.*: 12. 1953.

VAINIO, K. Hand. In: *Surgery of arthritis*. Ed. by R. A. Milch. Baltimore, Williams & Wilkins, 1964. 130–158.

WISE, K. S. The anatomy of the metacarpophalangeal joints, with observations of the aetiology of ulnar drift. *J. Bone Joint Surg.*: 57-B. 485–490. 1975.





